A. hydr.
5 9d

Meißner

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS.

Neue Theorie

des

Ufer- und Strombaues

erläutert

durch die Geschichte der Wasserbauten an dem Süder-Dithmarsischen Elbufer

R

von

W. Meißner,

Baumeister in Eutin.

Mit erklärenden Steindrucktafeln.

Hamburg,
bei Hoffmann und Campe.
1837.

187 D.
Bayerische Staatsbibliothek München

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS.

Bayerische
Staatsbibliothek
München

Vorrede.

Die vorliegende Abhandlung über Strom= und Uferbau, war schon im Jahre 1806 in der Absicht geschrieben: die wichtigen Erfahrungen, welche in diesem Theile der Hydrotechnik bei den Wasserbauten in der Landschaft Süder=Dithmarschen seit einer langen Reihe von Jahren gemacht worden waren, bekannt zu machen und die daraus gezogenen Resultate für die Wissenschaft zu erhalten.

Dieser Absicht nach machte die Geschichte der Dithmarsischen Wasserbauten den größten Theil der Schrift aus und dieser schien schon deßhalb der wichtigste zu sein, weil die damals berühmtesten Hydrotekten von Huhnrichs an, bis auf Büsch, Silberschlag, Beckmann, Tetens und Renner bei diesen Bauten zu Rathe gezogen worden waren.

Da aber die verhängnißvollen Zeitläufte nicht zu der Herausgabe einer Schrift von einseitiger wissenschaftlicher Tendenz aufmuntern konnten, so blieb dieselbe um so mehr unbeachtet liegen, als man damals hoffen durfte, daß dieser Gegenstand in den, in der Herausgabe begriffenen oder angekündigten größeren Werken über Wasserbaukunst, gründlich erörtert werden würde. Es ist aber diese gerechte Erwartung nicht erfüllt worden und viele der neuern Schriften stellen im Gegentheil ganz

unrichtige Ansichten der Theorie auf und verwirren eine an sich gar nicht schwierige Sache.

Das Interesse an der Geschichte des Dithmarsischen Wasserbaues ist jetzt schon weiter in den Hintergrund getreten, aber die dort gemachten Erfahrungen haben wissenschaftliche Aufklärungen gegeben, welche immer Werth behalten werden, da das Ufer bei Brunsbüttel in Europa der einzige Ort ist, wo Ufer-Beschützungen in so großen Verhältnissen und unter so gefährlichen Umständen ausgeführt, und wo successive alle Mittel, schlechte und gute angewendet worden sind.

Der unmittelbare Antheil, welchen der Verfasser dieser Schrift an jenen Bauten dadurch hatte, daß er der Süder-Dithmarsischen Wasserbau-Commission schon 1796 und 1797 die Gründe der nachher mit Sicherheit befolgten Baumethode entwickeln durfte und seine genaue Bekanntschaft mit allen bis dahin geschehenen Verhandlungen, werden ihn berechtigen, seine Theorie hier umständlicher vorzutragen, und die anfängliche Form seiner Schrift dahin abzuändern, daß er diese nun den Hauptinhalt ausmachen und die Geschichte der Wasserbauten selbst, nur als Beweis der vorhergegangenen Irrthümer und Fehler, nachfolgen läßt; da er keine von den bisher aufgestellten Theorien als richtig und die Sache erschöpfend, anerkennen kann.

Obgleich gegenwärtig bei dem Wasser kein einziger Umstand mehr vorkommen kann, der nicht schon längst beobachtet worden wäre (und kein Hydrotekt wird dem widersprechen) und obgleich alle diese Beobachtungen und Erfahrungen in Schriften richtig aufgezeichnet zu finden sind und man auch die Ursachen der meisten Erscheinungen kennt; so hat man doch noch nie allgemeine Lehrsätze und Regeln aufgestellt, nach welchen die schädlichen Wirkungen des Wassers, in derselben Art wie sie entstehen, umgekehrt aufgehoben werden könnten, sondern man hat nur immer gegen partielle Uebel, ein-

zelne Mittel gesucht; und in keinem Theile der Wasserbaukunst ist dies mehr geschehen, als bei dem Strom- und Uferbau, nirgends werden auch große Geldsummen unnützer verschwendet und die verlangten Zwecke weniger erreicht.

Ein Blick auf die Geschichte und Literatur der Wasserbaukunst wird zeigen, daß der unvollkomme.e Zustand dieser Wissenschaft selbst, hiervon die Schuld trägt.

Die Italiener waren die Ersten, welche das Verhalten des Wassers wissenschaftlicher Betrachtung unterwarfen, dabei aber schon den Grund zu einer gewissen Einseitigkeit legten, welche nachher in einzelnen Theilen dieser Wissenschaft mehr oder weniger geherrscht hat. Denn da sie und ihre Nachfolger die physikochemischen Eigenschaften des Wassers nicht genug würdigten und dasselbe mehr geometrisch oder nach Analogie der Mechanik fester Körper untersuchten, so konnten sie nicht auf die ersten einfachen Sätze, auf welchen die ganze Wissenschaft beruhet, kommen; nämlich:

„daß bei dem Wasser im Zustande der Ruhe alles
„Druck, und bei der Bewegung desselben, alles Fall
„ist, und nach den verschiedenen Gesetzen des Gleich-
„gewichts und des Falles beurtheilt werden muß."

Anstatt dieser einfachen Grundlehren findet man selbst noch in den neuesten Schriften, fortwährende Vermischungen und Verwechselungen hydrostatischer und hydraulischer Grundlehren. Doch verdanken wir den Italienern die ersten richtigen Versuche und Erfahrungen über Druck und Geschwindigkeit des aus Gefäßen ausfließenden Wassers, aus welchen Andere nicht immer richtige Folgerungen gezogen haben. Uebrigens darf man bei ihnen keine Belehrungen über das Verhalten der Ströme, welche Fluth und Ebbe haben, suchen, da sie dieselben gar nicht kennen.

Belidor, der durch seine Architecture hydraulique sich das Verdienst erworben hat, diese Wissenschaft zu-

erst in ihrem ganzen Umfange behandelt zu haben, spricht zwar auch von den Mitteln, die Ufer der Flüsse zu sichern, er gesteht aber, daß er in diesem Theile der Wissenschaft keine eignen Erfahrungen gemacht und das Meiste von Michelini und Guglielmi entlehnt habe. Er kann sich daher auch gar nicht in den ersten hydraulischen Standpunkt versetzen, sondern betrachtet alles nach der Mechanik fester Körper und setzt Wirkungen ohne Ursachen voraus oder confundirt beide, indem er mit Michelini schiefe Flächen, welche erst durch das Wasser erzeugt werden sollen, als vom Anfange an wirkend annimmt.

Die schon erwähnte Art, in einzelnen Mitteln Specifica zu suchen, hat die meisten spätern Schriftsteller beschäftiget und wahrscheinlich von allgemeinern hydraulischen Untersuchungen und Entdeckung der Grundsätze abgehalten, nach welchen den Bauwerken in allen Lagen und Verhältnissen Sicherheit für ihre Wirkungen und für ihre eigene Festigkeit und Dauer gegeben werden kann.

Ohne mich daher auf eine Aufzählung irriger Meinungen einzulassen, will ich nur Brünnings eigenes Geständniß über den Zustand dieses Theils der Wasserbaukunst hieher setzen. (Woltmanns Beiträge zur hydr. Archit. Th. 3 S. LI.) wo er sagt:

„Welches sind denn eigentlich die festen Regeln, nach „welchen man Einbaue in Strömen oder an den „Meerufern anlegen soll? um auf die sicherste und „wohlfeilste Art den Zweck zu erreichen? Ich meines „Theils bekenne gern, keine andere Theorie für die „Anlage der Einbaue zu wissen, als die ich mir „von meinen eigenen und Anderer Erfahrungen ab„strahirt habe; da dieselben noch obenein so ver„schiedenen Modificationen nach Local-Umständen „unterworfen sind. So mußte ich z. B. die Höfter „am südlichen Ufer vom Haringvliet, kurz und recht-

„winklich in weiten Entfernungen von einander an=
„legen; dagegen habe ich unlängst angerathen, an
„dem nördlichen Ufer eine Anzahl von langen Höf=
„tern in mäßiger Entfernung von einander mit
„spitzen Winkeln auf den ablaufenden Ebbestrom zu
„legen, da die Erfahrung gelehrt hatte, daß die
„vorhin auf den Fluthstrom angelegten kurzen recht=
„winklichten Höfter, keine gute Wirkung gethan
„hatten."

Brünnings kannte gewiß Alles, was über Strom= und Uferbau bis dahin geschrieben war; wer sieht aber in den angeführten Beispielen etwas Anderes, als unbestimmte, auf keine feste Theorie begründete Versuche? weil das eine Mittel nichts Gutes bewirkt hatte, so erwählte man das Entgegengesetzte! *)

---

*) Dieser Aeußerung von Brünnings kann ich zum Beweise, daß in der Wissenschaft es sich noch nicht gebessert habe, noch folgende Aussprüche neuerer Schriftsteller beifügen:

Woltmann in einer Abhandlung über Situation und Gestalt der Buhnen 2c. in Crelle Journal für die Baukunst für 1830 2ter Bd. sagt:

Daß inclinirende Einbaue, die alle noch neu, erst seit 10 — 12 Jahren gemacht wären, sich am linken Ufer der Elbe oberhalb Harburg 45, am rechten Ufer nur 9 befänden, weil diese Bauart an den Mecklenburg'schen, Lauenburg'schen und Vierländer Ufern, so wenig wie im Oldenburg'schen und in Holland angewendet würde. Nur die Preußischen und Hannöverschen Hydrotekten hätten dieselbe an der Weser, Elbe, Rhein u. s. w. eingeführt und so schnell verbreitet, daß man entschiedene Vorzüge dieser Werke zu vermuthen geneigt sei; dennoch habe bis jetzt Keiner der Hydrotekten, die sie proponirt und gefördert haben, es gewagt, ihre Vorzüge öffentlich darzustellen und aus 10 — 12jähriger Erfahrung zu erweisen.

Hagen in seiner Beschreibung neuer Wasserbauwerke, in der ersten Abhandlung über den gegenwärtigen Stand der Wasserbauwissenschaft S. 14, wo er von der Ungewißheit und

Das Einzige, wodurch der mechanische Theil der Uferbaukunst bereichert worden, ist die nähere Kenntniß des Faschinenbaues und seiner verschiedenen Constructionsarten, wozu es früher an schriftlichen Anleitungen fehlte. Doch sind alle diese Anweisungen meist ohne Rücksichten auf eigentliche hydrodynamische Gründe ertheilt worden und sie beschränken sich allein auf mechanische Verfahrungsarten.

Bei diesem Zustande der Wissenschaft und indem noch immer neue partielle Vorschläge auftauchen, die gar nicht auf völlig ausgemachte Lehrsätze der Hydraulik begründet sind, wird es nicht überflüssig sein, wenn die Gründe, auf welchen die ganze Strom- und Uferbaukunst beruhet, auf eine faßliche Art entwickelt und Baumethoden gelehrt werden, durch deren Anwendung alle Zwecke mit viel geringern Mitteln, also auch wohlfeiler wie bisher, dabei sicher und in der kürzesten Zeit erreicht werden können.

Verschiedenheit der Meinungen der Hydrotekten hinsichtlich der Einbaue redet, sagt:

Wie wirkt denn überhaupt eine Buhne? welche Bewegungen des Wassers werden durch sie erzeugt, und welche von diesen Bewegungen bringen Verlandungen hervor, und welche dagegen Ausspülungen? Alle diese und noch mehrere dahin gehörige Fragen sind, soviel ich weiß, noch nie ernstlich aufgefaßt, vielweniger denn genügend beantwortet u. s. w. Ferner:

Hierin scheinen mir im Allgemeinen die Gründe zu liegen, weßhalb die Wasserbaukunst in wissenschaftlicher Hinsicht soweit hinter andern Theilen der angewandten Mathematik zurückgeblieben ist.

Als Verfasser dieser Schrift konnte ich nie erwarten, daß, nachdem ich die in Süder-Dithmarschen gemachten Erfahrungen dem damaligen Landbaumeister Funck in Minden schon vor 37 Jahren mitgetheilt und dadurch die erste Veranlassung zu der, nachher durch den Zustand Preußens lange unterbrochenen Anwendung der inclinirenden Einbaue gegeben hatte, ich noch der Erste sein sollte, der über die Theorie derselben schreiben würde.

Ich muß zwar erwarten, daß, indem ich dieses zu leisten suche, meine Angaben Widersprüche finden werden, weil neue Wahrheit keinen größern Widersacher hat, als alten Irrthum; besonders von solchen Leuten, die durch vorgefaßte unrichtige Meinungen und eigensinniges Beharren bei denselben, ihren Committenten schon Schaden zugefügt haben und die ihre Fehler gern verstecken und ein bisher unverdient genossenes Zutrauen sich erhalten möchten und die gewohnt sind, unerwiesene Sätze hinter analytischen Formeln zu verstecken; allein diese werden der Wahrheit keinen Eintrag thun. Denn obgleich die Analyse für bereits erfundene Wahrheiten die bequemsten Ausdrücke giebt und aus diesen weiter zu schließen Vortheile darbietet, so kann sie doch zu Erfindung solcher Wahrheiten, die hauptsächlich auf physischen Gründen beruhen, nur wenig beitragen.

Im Allgemeinen muß ich nur erwähnen, daß zu Beschützung der Ufer ein Verfahren erfordert wird, welches den bisher befolgten Methoden und deren Gründen fast in allen Stücken geradezu entgegengesetzt ist.

Der Feind, mit welchem die Hydrotechnik zu kämpfen hat, ist der Stoß des Wassers mit seinen schädlichen Wirkungen, welchen man, in andern Fällen, mit großem Nutzen zu Bewegung von Maschinen und dergl. anzuwenden weiß.

Der Wasserstoß ist von der Geschwindigkeit des Wassers, mithin von den Ursachen, welche diese erzeugen können, abhängig, und weil diese zugleich die Größen der Massen des Wassers bestimmen, so ist die Ausmittelung wirklich vorhandener Geschwindigkeit der erste und nothwendigste Gegenstand der hydrodynamischen Untersuchungen.

Es muß dabei die physikalische Kenntniß der Natur und der Eigenschaften des Wassers, der mathematischen Betrachtung vorangehen, weil ohne genaue Kenntniß aller jener Eigenschaften und ihrer Wirkungsarten,

sich nichts in concreto bestimmen läßt, und daß dieses nicht immer geschehen sei, sieht man schon allein daraus:

daß man die Ursache von dem Unterschiede der mittleren Geschw. eines Flusses gegen die Geschw., welche seinem Gefälle angehört, noch nicht genügend hat zeigen und beweisen können; weßhalb auch einige Schriftsteller überhaupt an der Möglichkeit zweifeln, ein Gesetz aufzufinden, diese Unterschiede deutlich zu erklären.

Wer sich über die Bemühungen verschiedener Schriftsteller, die Theorie der Geschw. des fließenden Wassers auf's Reine zu bringen, unterrichten will, der findet dieselben in Kästner's Hydrodynamik und in Brünnings Abhandlung über die Geschw. des fließenden Wassers, und neuerlich in Hagen's Beschreibung neuer Wasserbauwerke zusammengestellt und deutlich vorgetragen. Man wird dabei aber immer bemerken, daß, soweit auch einige Schriftsteller, wie Lecchi, Zendrini, Michelotti, Hennert u. A. auf dem richtigen Wege schon vorgeschritten waren, ihnen vorgefaßte Meinungen (zum Theil auch Unkenntniß des Physikalischen) im Wege standen und bei Allen die unglückliche Vermischung der Gesetze des Druckes und Falles, (der Hydrostatik und Hydraulik) Alles vereitelte, sie in Verwirrung brachte, und indem sie diese durch Hülfe der Analyse verbessern wollten, sie in immer größere Ungewißheit geriethen. Alle ihre Erklärungsarten, wodurch man vorhin die Ursachen der Verzögerungen, der dem Gefälle angehörenden Geschw. in Flüssen zu bestimmen gesucht hat, entbehren die hydrodynamischen Gründe, welche erweisen könnten:

daß Erscheinungen so vorgehen müssen, wie wir sie in der Natur wahrnehmen, und daß diese, unter gegebenen ähnlichen Umständen, nie anders erfolgen können.

So kann es keine besondere Meinung von dem

Zustande der Wissenschaft erregen, wenn ein Mann wie Brünnings, der so viele Kenntnisse und Erfahrungen hatte, aus dem Labyrinthe der früheren Verirrungen sich nicht herauszufinden wußte, und die Hauptursache der Verzögerung des Laufes der Flüsse nicht entdeckte, da das Resumé aller seiner Vergleichungen der Schriftsteller ist:

„Keiner hat ein Gesetz der Verzögerung des Wassers „in Flüssen, welches durch Erfahrungen bestätigt wor„den wäre, aufgefunden, und alle Versuche, ein solches „allgemeines Gesetz zu suchen, werden immer verge„bens sein."

Einer solchen kleinmüthigen Aeußerung habe ich nie beipflichten gekonnt und ich hoffe dieselbe durch das in der folgenden Abhandlung (§. 21 — 23) aufgestellte Gesetz, hinreichend widerlegt zu haben.

Beiläufig muß ich erinnern, daß die Brünnings'schen und Woltmann'schen Wassergeschwindigkeits-Messer nur relative Geschw. angeben, und daß daher ihr Gebrauch wegen der dabei nöthigen Vergleichungen nicht so bequem und einfach ist, als ihre Erfinder wünschen und angeben, und daß man für die Ausführung mit den sonst bekannten Schwimmern und der Pitotschen Röhre besser auskommt. Denn da jene Instrumente nichts angeben, was auf die ersten Ursachen der Verzögerungen in dem Laufe der Flüsse hinwiese, oder zu Entdeckung eines Gesetzes, wonach diese sich richten, dienen könnte, so ist nicht abzusehen, warum man ihnen vor einfachern Werkzeugen, welche wirklich vorhandene Geschw. genau genug anzeigen, einen Vorzug einräumen solle.

Die Lehre vom Stoße des Wassers glaube ich hier so vorgetragen zu haben, wie sie aus der Natur der Sache folgt und durch Erfahrung bestätigt wird, und dadurch manchen Ungewißheiten abgeholfen zu haben, die selbst meinen unsterblichen Lehrer Kästner (Hydro-

dyn. p. 317. v.) an der Auffindung einer richtigen Theorie des Wasserstoßes zweifeln ließen, wobei ich jedoch wohl hinzufügen darf, daß K. 65 Jahre in seiner Studierstube, ich aber 45 Jahre unter beständiger praktischer Uebung zugebracht habe.

Da meine aufgestellten Lehrsätze Alles auf die ersten Gründe der durch subjective Schwere des Wassers verursachten Bewegungen desselben zurückführen, so wird man danach auch andere Angaben über die Wirkungen der Centrifugalkraft u. dergl. zu würdigen wissen und einsehen, daß, so willig dergleichen unhaltbare Meinungen auch von mehren Schriftstellern ohne weitere Prüfung und Beweise aufgenommen und nachgeschrieben worden sind, es ihnen doch an allen wissenschaftlichen Gründen fehle und daß alle solche Schriften sogar nichts Positives enthalten. Daher darf ich vermuthen, daß meine Theorie solchen Meinungen einen ähnlichen Streich spielen möchte, wie die Entdeckung des Sauerstoffs der phlogistischen Chemie; aber ich werde zufrieden sein, wenn auch Andere sich von der Unhaltbarkeit solcher Ideen, wie die Nothwendigkeit der Stromkrümmen oder ihrer Beugungen nach elastischen Linien und dergleichen überzeugen.

Ein besonderer Nutzen, welcher aus meinen Angaben entspringt, wird den oberen Strömen zu Theil werden, welche nach denselben für die Schifffahrt verbessert und in gutem Zustande unterhalten werden können, welches jetzt einem jeden Uferstaate willkommen sein muß, da man alle Flüsse, bei welchen die Natur dazu die Möglichkeit nur einigermaßen darbietet, für die Schifffahrt brauchbar zu machen wünscht.

Siehet man auf die Art und Weise, wie man seit etwa 60 Jahren die Strombahnen durch Uferbauwerke zu reguliren gesucht hat (von Entfernung anderer Hindernisse, durch Felsensprengen, womit an vielen Stellen manches Gute bewirkt worden ist, oder von

bloßen Uferbekleidungen, die nur subjective Festigkeit derselben gleichförmig zu unterhalten bestimmt sind, rede ich hier nicht) und auf die Menge von Bauwerken, die an vielen Ufern angelegt worden sind und deren Anzahl man noch jährlich vermehren muß, um den schädlichen Wirkungen der vorher angelegten zu widerstehen; auch wie dadurch die Uferbeschädigungen immer weiter fortgepflanzt werden; ferner dahin: daß in fast ähnlichen Lagen ein Strom, der durch solche Kunstmittel nicht irritirt worden, seine Ufer unbeschädigt erhält; so sollte man längst begriffen haben:

daß man mit Theorie und Praxis sich nicht auf dem rechten Wege befinde. *)

---

*) Wenn man alle die Bemühungen, welche verschiedene Schriftsteller angewendet haben, um mit Hülfe der Analyse Formeln aufzufinden, die für die Praxis brauchbar sein sollen, mit einander vergleicht, so wird man finden, daß bei allen den Versuchen, aus welchen man rückwärts auf die Ursachen der Bewegung und Verzögerung der Wassergeschwindigkeiten in offenen Canälen geschlossen hat, noch durchaus kein haltbarer hydrodynamischer Grund entdeckt worden ist, und daß die Verbesserungen der Formeln durch eingeschobene Coefficienten, Exponenten und dergl. dieselben immer weiter von den einfachen Naturgesetzen entfernen. Die meisten Formeln scheinen daher kein größeres Zutrauen zu ihrer Richtigkeit zu verdienen, als eine Charte, welche der Landmesser beim Zusammenfügen der einzelnen Menselblätter, vermittelst der Scheere zusammenpassend gemacht hat, oder eine chemische Operation aus Wasser Geist zu destilliren. Denn die ohne dynamische Gründe versuchten Verbesserungen der Formeln durch eingeschaltete erste, zweite, dritte, $x \cdot x' \; x''$ u. dergl. geben, obgleich die Unterschiede immer kleiner werden, doch keine dynamischen Wahrheiten, so wenig als der Chemiker, der zwar am Ende weniger Wasser behält, (sein kleineres x) daraus Spiritus darstellen kann.

Die praktischen Hydrotekten scheinen gegenwärtig auf der andern Seite zu weit zu gehen und die Analyse zu weit zurückzusetzen, da Erfahrung gezeigt hat, daß in den Ländern, wo man seit 40 Jahren diese Wissenschaft meist analytisch behandelt hat, wenig Gedeihliches zur Welt gebracht worden

Dagegen ertheilt meine, durch Erfahrungen unterstützte Theorie, den Uferbauwerken die größte eigene Festigkeit und vollkommene Wirksamkeit gegen schädliche Stromrichtungen, welche besonders in solchen Stromrevieren erfordert werden, wo große Unterschiede zwischen hohem und niedrigem Wasser statt finden, oder da wo ein breites Flußbett beibehalten werden muß, um die großen Wassermengen der nassen Jahreszeiten, der Schneethauungen oder der von Gewitterregen angeschwollenen Nebenflüsse zu fassen und zugleich in einem solchen flachen und breiten Flußbette einen schmälern Schlauch von hinreichender Tiefe für die Schifffahrt, während trockener Jahreszeiten zu erhalten.

Es ist bekannt genug, daß mehrere Flüsse in Deutschland durch die bisher, theils zur Uferbeschützung, theils zu Regulirung der Schifffahrt angewendeten Mittel in einen so desolaten Zustand gekommen sind, daß sie nun weit mehr Mühe erfordern werden, um in ihnen eine erträgliche Schifffahrt herzustellen, als nöthig gewesen wäre, wenn sie immer der Natur überlassen geblieben und wenn die Kunst sich nie an ihnen versucht gehabt hätte; da gerade diejenigen Ufer, an welchen man bereits ganz zusammenhängende Systeme von declinirenden Einbauen angelegt hat, jährlich erneuerter Zusätze und Reparationen am meisten bedürfen. Darf man nun noch hoffen daß Uferlagen, welche mit diesen, schon seit so langer Zeit gebrauchten Mitteln nicht haben in Ordnung gebracht werden können, durch fernere Anwendung derselben jemals in gehörigen Stand kommen werden?

---

ist, im Gegentheile viele fast unbegreifliche Mißgriffe vorgekommen sind und von andern praktischen Entdeckungen und Verbesserungen keine genügenden theoretischen Erklärungen haben gegeben werden können. Wer wollte aber deßhalb die kurzen deutlichen Ausdrücke ausgemachter Wahrheiten und die Bequemlichkeit und Vortheile algebraischer Rechnungen aufgeben?

Da bekanntlich ein im natürlichen Beharrungsstande fließender Strom, sowohl seine Ufer unbeschädigt erhalten, als auch schiffbar sein kann und die Anwendung der Kunst nur nöthig wird, wenn eine oder die andere dieser Eigenschaften fehlen, so wird man dazu doch immer die leichtesten und sichersten Mittel wählen wollen.

Wie diese aber aus den natürlichen Eigenschaften des Wassers gefunden werden und wie man dabei die eigne Kraft des Wassers (seinen hydrostatischen Gegendruck) mehr in Anspruch zu nehmen habe, um die schädlichen Wirkungen des bewegten Wassers aufzuheben, als die subjective Festigkeit der Bauwerke? dies soll der Inhalt dieser Schrift lehren.

Wenn übrigens der Styl dieser, neben andern Arbeiten verfaßten Schrift, Manches zu wünschen übrig läßt, so werden mich Vitruvs Worte einigermaßen entschuldigen: non de architectura sic scribitur ut historiae aut poemata. Vitr. in praef. L. V.

So habe ich besonders die Nachsicht der Leser wegen mehrerer Wiederholungen mir zu erbitten, welche, da sie in verschiedenen Beziehungen vorkommen, ich lieber hinschreiben, als den Leser durch Zurückweisung bemühen wollte.

Inhalt.

Erster Theil.

Theorie des Ufer- und Strombaues.

I. **Abschnitt.** Allgemeine Betrachtungen.	§. 1 — 10
II. **Abschnitt.** Verhalten des Wassers bei seiner Bewegung.	§. 11 — 26
III. **Abschnitt.** Von dem Stoße des Wassers.	§. 27 — 33
IV. **Abschnitt.** Verhalten des Wassers in seinen Flußbetten, Ursachen des ungleichen Andrangs nach den Ufern oder Entstehung der Serpentinen.	§. 34 — 43
V. **Abschnitt.** Von den Wirkungen der Fluth und Ebbe in den Strömen.	§. 44 — 49
VI. **Abschnitt.** Von dem praktischen Verfahren bei Anwendung der Mittel, welche Uferbeschädigungen verhindern sollen.	§. 50 — 61
VII. **Abschnitt.** Strombau.	§. 62 — 66

Zweiter Theil.

Geschichte der Wasserbauten zu Brunsbüttel in der Landschaft Süder-Dithmarschen.

Erster Theil.

Theorie des Ufer- und Strombaues.

I. Abschnitt.

Allgemeine Betrachtungen.

§. 1.

Um über das Verhalten des Wassers und seine Wirkungen in Flüssen und Strömen richtig urtheilen zu können, muß man seine Eigenschaften und die Naturgesetze sorgfältig erforschen, nach welchen dasselbe sowohl im Zustande der Ruhe und des Gleichgewichts, als bei der Bewegung sich richtet. Es ist dabei jedoch nicht erforderlich auf andere Flüssigkeiten, welche ähnliche Erscheinungen wie das Wasser darbieten, Rücksicht zu nehmen, da der jetzige Zustand der Physik uns schon über alle Eigenschaften des Wassers hinreichend belehrt.

§. 2.

Man bemerkt bei dem Wasser verschiedene Eigenschaften, welche alle von seiner chemischen Zusammensetzung abhängen; seine Schwere, den Zusammenhang seiner Theile unter einander (Cohäsion), die Anhänglichkeit an andere Körper (Adhäsion), die Theilbarkeit seiner Masse und die

chemische Anziehung oder Auflösungs- und Vermischungs-Kraft, nebst den Einflüssen der Temperatur auf dasselbe. Alle diese Eigenschaften kommen bei der Bewegung des Wassers theilweise mehr, oder weniger, in Betrachtung.

§. 3.

Das einfache Wasser besteht aus einer Verbindung von einem Gewichtstheile Wasserstoff mit 8 Gewichtstheilen Sauerstoff, und erscheint in dreierlei Gestalt, als Eis, wie ein fester oder starrer Körper, als Wasser, tropfbarflüssig, und als Dampf, elastisch flüssig. Man hat das Wasser zu Bestimmung der eigenthümlichen Gewichte aller andern Körper angenommen, und dazu sein eigenthümliches Gewicht zu 1,00 oder 1,000 Theilen angesetzt.

Das Eis ist hart, durchsichtig und ohne Farbe, und sein eigenthümliches Gewicht beträgt nur 0,92, daher schwimmt es auf dem Wasser. Bei jeder Wärme über 0 Grad der 100theiligen Thermometer-Scale schmilzt es, doch muß es um in tropfbar flüssige Gestalt überzugehen, so viel Wärme in sich aufgenommen haben, daß dadurch eine gleiche Menge Wassers bis auf 750 erhitzt werden könnte; und dabei hat das eben geschmolzene Wasser noch dieselbe Temperatur = 0° welche auch das Eis hatte. Daher muß die genannte Wärme sich chemisch mit dem Wasser vermischt haben, und allein zu Veränderung seiner Form verwendet worden sein.

Der Uebergang des Wassers in die starre Form des Eises kann bei stillstehenden und fließenden Gewässern nur an ihren Oberflächen Statt finden, weil nur mit der Berührung der Luft die Ursache vorhanden ist, welche dem Wasser soviel Wärmestoff entzieht, als zu der Bildung des Eises, weniger, gegenwärtig sein darf. Bei ruhigen Oberflächen erfolgt daher das Erstarren gleichförmig und vollkom-

men, wie eine wirkliche Krystallisation, und das Eis erhält sein specifikes Gewicht. Wenn aber die Entziehung der Wärme an von Winde bewegten oder schnell fließenden Oberflächen geschieht, so wird theils durch immer neu in die Stelle der vorhin daselbst gewesenen eintretenden Wassertheile die Entziehung der Wärme unvollkommener, theils verhindert die Bewegung selbst das Zusammengehen der Theile zur Erstarrung. Daher erhält solches Eis weder seine völlige Leichtigkeit noch sonstigen Zusammenhang; es kann daher zusammengeschoben noch untersinken, und da es über flachen Stellen von dem Grunde stärker als Wasser angezogen wird, so legt es sich auf denselben, und nimmt auch von dem Material des Grundes an seiner untern Fläche an. Sobald aber die Beraubung der Wärme zunimmt, und das Eis sich völlig zusammenzieht, und dadurch seine eigenthümliche Leichtigkeit erhält, so wird es wieder flott, oder vereinigt sich mit dem Eise an der Oberfläche. Dies ist die Entstehungsart des bekannten Grundeises, welche demnach nicht an dem Grunde selbst Statt finden kann, wie sonst Viele geglaubt haben.

§. 4.

Das Wasser in seinem reinen Zustande hat bei dem Uebergange aus dem Eise in die tropfbar flüssige Form oder bei 0° noch nicht seine größte Dichtigkeit, sondern erst bei $4\frac{1}{3}$° und bei dieser Dichtigkeit ist sein als Maas angenommenes eigenthümliches Gewicht = 1,000, und der rheinländische Duodecimal-Cubik-Zoll wiegt 288 Gran. Bei und unter 0° geht dasselbe in die starre, und bei 100° in die elastisch flüssige Form über, oder es siedet.

§. 5.

Der bei der Temperatur von 100° erzeugte Dunst

nimmt einen 1696,4 mal größern Raum ein, als die Wassermenge, aus welcher er erzeugt worden ist, mithin giebt ein rheinl. Cubik-Zoll 1696,4 Cubik-Zolle Wasserdunst, von derselben Temperatur. Aber nicht allein bei dieser hohen Temperatur geht das Wasser in Dunst über, sondern es hat beständig eine Neigung in die Luft elastisch flüssig überzugehen, welche aber mit der Temperatur wächst. Daher enthält die atmosphärische Luft beständig Wasserdunst, der bei erniedrigten Temperaturen zusammengehet und sich der tropfbar flüssigen Form wieder nähert, zuerst als Wasserbläschen im Nebel, dann als Tropfen im Regen, und bei ganz erniedrigter Wärme, als Hagel, Schnee und Eis sich zeigt.

Bei der Strom- und Uferbaukunst kömmt die Eigenschaft der Luft, Wasserdünste in sich aufnehmen zu können, nur in so fern in Betrachtung, als eine mit vielen Wasserdünsten angefüllte Luft stärkere Anhänglichkeit an die Oberfläche des Wassers haben, und dadurch bei heftigen Winden die Wasserwellen höher über die Oberfläche auftreiben kann.

§. 6.

Folge der allgemeinen Anziehung aller Materie nach dem Mittelpunkt unserer Erdkugel, ist auch bei unserm Gegenstande (dem Wasser), seine Schwere, welche es mit allen andern Körpern gemein hat; und eben so ist der Zusammenhang aller Theile des Wassers unter sich (die Cohäsion) Folge der gegenseitigen Anziehung der Atomen des Wassers unter einander. Man ist gewohnt beide als subjective Eigenschaften des Wassers zu betrachten, und sie machen nebst der Adhäsion die Grundlage der Gesetze aus, nach welchen sich alle Erscheinungen, welche wir bei dem Wasser wahrnehmen, mechanisch richten. Sie geben durch

die Verhältnisse, unter welchen sie coexistiren, die Beschaffenheit der Flüssigkeiten, welche nach der chemischen Zusammensetzung der Materie sehr verschieden sein können, theils wegen eigenthümlicher Schwere derselben, theils wegen größern oder geringern Cohäsionsvermögens, wie z. B. bei Quecksilber, Theer, Syrop, Oelen, Spiritus zc.

Die Cohäsion formt die Atomen der Flüssigkeiten in Kugelform (Tropfen), aus deren Größe man auf die Größe ihrer Anziehungskraft schließen kann; die Adhäsion oder Flächenanziehung vereinigt aber diese Kugeln mit einander zu einer gleichförmigen Masse, und mit diesen fortwährenden Gegenwirkungen der anziehenden Kräfte, entsteht die leichte Verschiebbarkeit der Wassertheile, welche aber stets den Gesetzen der Schwere folgt.

§. 7.

Die Flächen-Anziehung gleicht aber die, von der Cohäsion gebildeten Kugeln nicht immer so vollkommen zu einer Masse aus, daß dabei nicht einige Zwischenräume oder Porositäten bleiben sollten, und diese sind die Ursache, weßhalb tropfbare Flüssigkeiten noch einen Theil von elastischen Flüssigkeiten, ohne Raumerweiterung in sich aufnehmen können. So nimmt z. B. das Wasser 4 bis 5 Hunderttheile seines Raums atmosphärische Luft auf, und specifisch leichtere Flüssigkeiten, deren noch viel mehr, weil bei jenen die eigenthümliche Schwere durch ihren hydrostatischen Druck die Flächen-Anziehung mehr befördert, oder die Porosität vermindert. Nur soweit als diese aufgenommene Luft compressionsfähig ist, kann sich die Elasticität des Wassers, welche neuere Naturforscher bemerkt haben wollen, (ungeachtet ihre Versuche noch andern Einwendungen unterliegen) erstrecken; und die Masse des Wassers selbst läßt sich nicht

zusammendrücken. Gesetzt aber, dies könnte wirklich geschehen, so ist die bemerkte Raumverminderung doch so gering, daß sie in hydrotechnischer Hinsicht gar nicht beachtet zu werden braucht. Viel wichtiger ist aber die Flächen-Anziehung des Wassers gegen andere Körper, die sich bei diesen subjectiv nach ihrer Dichtigkeit richtet, wobei, wenn sie gegen die Attractionskraft des Wassers überwiegend ist, dieses Object wird, und im Gegentheile das Wasser subjectivisch zu betrachten ist. Man erkennt dies im ersten Falle sehr leicht, wenn ein Tropfen Wasser auf einem andern Körper, z. B. auf Stein oder auf Metall, sich schnell und flach ausbreitet, weil alle Atomen desselben stark angezogen werden. In dem zweiten Falle, wenn die Cohäsion der Wassertheile unter sich stärker ist, als die Adhäsion zu leichten lockern Körpern, oder wenn die subjective Anziehung des Wassers größer ist, so behalten die Tropfen ihre Kugelform; z. B. wenn Wassertropfen auf Staub oder Asche fallen.

§. 8.

Diese Anhänglichkeit des Wassers an andere Körper, die auch seine Capillarität genannt wird, weil sie sich in ganz kleinen engen Röhren, oder zwischen einander nahe stehenden Flächen, am stärksten und deutlichsten zeigt, kann bei dichten Körpern so groß werden, daß sie die Schwere des Wassers überwindet, und dasselbe in die Höhe zieht. Am deutlichsten sieht man dieselbe bei engen gläsernen, an beiden Seiten offenen Röhren, welche in ein Gefäß mit Wasser an einem Ende eingetaucht sind, wo das Wasser in der Röhre sich so bedeutend über die Oberfläche des Wassers in dem Gefäße erhebt, daß man diese Höhe messen, mit dem Gewicht des Wassers und den anziehenden Flächen vergleichen, und daraus die Größe der anziehenden Kraft

gegen das Wasser, berechnen kann. Daher ist der Name Haarröhrchen entlehnt; doch findet sich diese Eigenschaft das Wasser anzuziehen, bei allen Flächen der Körper, und sie muß sich in ihrer Kraft natürlich vervielfachen, wenn mehre Flächen einander nahe gegenüber stehen; alle poröse Körper haben diese Eigenschaft; z. B. Mauern, Wände, aufrecht stehendes Holzwerk &c., welche denselben oft zum Schaden gereicht; auch alle Pflanzen, bei welchen dieselbe einen Theil ihres organischen Lebens ausmacht. In der Uferbaukunst kann man von dieser anziehenden Kraft anderer Körper gegen das Wasser guten Gebrauch machen, um den schädlichen Stoß des Wassers zu vermindern, indem man die entgegenstehenden Flächen vervielfältigt und die Attraction dadurch vermehrt, welches durch Anwendung von Busch und Faschinen geschieht. Die bekannten Vorzüge dieses Baumaterials beruhen allein auf der eben genannten Eigenschaft; denn wenn z. B. der Stoß gegen eine glatte Fläche von 1 Quadratfuß senkrecht wirkt, so kann die Attraction dieser Fläche den Stoß nur wenig vermeiden; träfe derselbe Stoß aber gegen die um 1′ frei vorstehende Faschine, deren Reiser von einzölliger Dicke wären, so würde die Adhäsion beider sich gegen einander verhalten wie $144\square'' : (144 \times 12 \times 3{,}14) = 5425{,}92$, wie $144 : 5425{,}92$; oder die Attraction wirkt bei Faschinen über 37mal stärker, als bei glatten Flächen. Welche Größe nun auch dieselbe haben mag, so wird ihre negative Wirkung 37mal vervielfältigt doch ein anderes Resultat geben als die Einfache.

§. 9.

Der Zusammenhang der Wassertheile wird durch die Wärme vermindert, welches man schon daran sieht, daß heißes Wasser viel kleinere Tropfen giebt, als kaltes; in-

zwischen haben die daher unter sehr verschiedenen Temperaturen sich ergebenden chemischen Erscheinungen, keine Beziehung zu der Hydrotechnik, weil man in derselben es nur mit Wasser von eingeschränkter mittlerer Temperatur zu thun hat; da auch, wenn durch erhöhete Temperatur in dem eigenthümlichen Gewichte des Wassers eine Abnahme geschähe, alle Vorrichtungen, doch nach dem möglich größten Gewichte, und der davon abhängenden Stoßkraft des Wassers berechnet werden müssen.

Man hat daher die Cohäsion des Wassers als den Coefficienten zu betrachten, der bei mittlerer Wärme die Form des tropfbar flüssigen Wassers zwar bedingt, aber als in derselben schon enthalten, nicht weiter in Berechnung kömmt.

§. 10.

In der Masse des Wassers ist die Schwere seiner Atomen und vereinigten Theile, die Wirkungen, welche bei der leichten Verschiebbarkeit derselben, durch jene hervorgebracht werden, oder die Erscheinungen, welche die Schwere bei dem Wasser veranlaßt, der Hauptgegenstand der physischen und mechanischen Betrachtung, weil die Gesetze der Schwere das Verhalten des Wassers sowohl im Zustande der Ruhe, als bei der Bewegung desselben bestimmen.

Wie die Schwere im Zustande der Ruhe und des Gleichgewichts in dem Wasser wirkt, wird in der Hydrostatik gelehrt, die in jedem Lehrbuche der angewandten Mathematik oder der Naturlehre vorgetragen, lauter völlig bestimmte Sätze enthält, welche keinen Zweifeln mehr unterliegen, und die ein Jeder, der sich mit dem Wasser beschäftigen will, (Wäscherinnen und Köchinnen ausgenommen) kennen muß. Deßhalb würde es überflüssig sein, dieselben hier zu wiederholen.

Mit den Gesetzen, nach welchen sich das Wasser bei seiner Bewegung richtet, ist es noch nicht zu solcher Bestimmtheit gekommen, und es herrschen darin noch mancherlei Zweifel und irrige Meinungen.

Besonders hat man bei der Anwendung der Hydrotechnik Ursach und Wirkung zu oft verwechselt, und daher für verschiedene Zwecke die Mittel unrichtig gewählt. Obgleich Ufer- und Strombau sich darin wesentlich von einander unterscheiden, daß der erste gegen die Beschädigungen der Ufer, der andere zu Erhaltung der Erzeugung einer guten, meistens auch zu einer für die Schifffahrt brauchbaren Strombahn dienen soll; auch richtig angewendete Mittel zwar oft beide Zwecke zugleich bewirken können, so werden nach falschen Grundsätzen gemachte Anlagen, doch immer, bald auf einer, bald auf der andern Seite größere Uebel erzeugen, als wogegen sie ursprünglich gerichtet waren.

II. Abschnitt.

Verhalten des Wassers bei seiner Bewegung.

§. 11.

Die Bewegung des Wassers ist von zweierlei Art; entweder wird dieselbe von äußern Kräften, durch den Stoß, wie bei Spritzen, durch den Druck der Luft, wie bei Pumpen u. s. w., hervorgebracht; oder sie entsteht von der im Wasser selbst befindlichen Schwere seiner Theile.

Nur diese von seiner eigenen Schwere verursachte Bewegung kommt bei Strömen oder fließendem Wasser überhaupt vor, und mit derselben habe ich mich daher hier allein zu beschäftigen.

§. 12.

Durch die Gleichförmigkeit der Wassertheile ist in der Masse des Wassers eine Stetigkeit bedingt, welche verursacht, daß Eindrücke und Bewegungen der einen Theile, sich auch andern mittheilen, so daß auch die anziehende Kraft der Schwere auf der Erde, (die gegen das Wasser eine äußere ist), als eine in dem Wasser befindliche subjective Kraft betrachtet werden kann, ohne daß damit die Erklärung der vorkommenden Erscheinungen sich veränderte.

Ruhe und Gleichgewicht findet bei dem Wasser nur Statt, wenn alle Theile seiner zusammenhängenden Masse sich neben einander liegend, in gleichen Entfernungen von dem Mittelpunkte der Erde befinden, und in jeder Schicht mit gleicher Kraft angezogen werden. Nennt man die Kraft, welche in den obern Schichten gegen die tiefer unter denselben liegenden wirkt, Druck, so hat man dieselbe schon subjectiv angenommen; das erste hydrostatische Gesetz: daß Ruhe und Gleichgewicht nur dann vorhanden sind, wenn die Oberfläche desselben senkrecht auf die Richtung der Schwerkraft stehet, oder horizontal ist, leidet keine Veränderung, man mag den Grund dieser Erscheinung in einer äußeren anziehenden, oder in einer im Wasser selbst liegenden Kraft suchen.

§. 13.

Bei einer jeden Erhöhung eines Theiles einer Wassermasse über ihre Oberfläche, erfolgt Bewegung, welche nur das Bestreben hat, Ruhe und Gleichgewicht wieder herzustellen, und die nie eher aufhört, als bis dieser Zweck erreicht worden ist.

Zufolge vielfacher übereinstimmender Erfahrungen richtet sich diese Bewegung nach den Gesetzen des Falles schwerer

Körper; und da unter einer horizontalen Oberfläche in der Masse des Wassers alles im Gleichgewichte ist, so kann eine solche Bewegung nur die Größe oder Geschwindigkeit haben, welche ein anderer Körper durch den Fall von einer gleichen Höhe, als ein Theil der Wassermasse über die horizontale Oberfläche erhaben ist, erhalten würde. Die bekannten Gesetze des Falles ergeben: daß die Geschwindigkeiten, welche durch den Fall von verschiedenen Höhen h oder h′ erlangt werden, sich wie die Quadratwurzeln dieser Höhen; oder daß die Höhen selbst, sich wie die Quadrate der erzeugten Geschw. verhalten, auch daß der Fall in einer Secunde 15,625 rheinländische Fuß beträgt. Mit dieser Geschw. würde ein fallender Körper in einer andern Secunde einen noch einmal so großen Raum gleichförmig durchlaufen $= 31{,}250'$. Daher ist für jedes h die Geschw. $= h\sqrt{h \times 62\tfrac{1}{2}}$ in 1 Sec., wollte man ein anderes Maas, z. B. Hamburger gebrauchen, so hätte man $\frac{139{,}13.\ 62{,}5}{127} = 68{,}46$.

Wenn Fig. 1. AB die Oberfläche eines stehenden ruhigen Wassers wäre, und bei A würde durch Zufluß die Oberfläche über AB um h erhöhet, so würde der Fall der über AB befindlichen Wassertheile diesen eine Geschwindigkeit $= \sqrt{62\tfrac{1}{2} \times h}$ geben, welche wegen der Cohäsion und Flüssigkeit sich auch dem zwischen ABJD befindlichen Wasser mittheilen wird, und so lange gleichförmig bleibt, als h unverändert bestehet, die zunimmt, wenn h größer wird, und sich vermindert, wenn h abnimmt.

Z. B. h wäre 2 Fuß, so wird die Geschwindigkeit, mit der sich das Wasser nach B hin zu bewegen sucht $= \sqrt{2 \times 62\tfrac{1}{2}} = 11{,}18'$. Wäre h viel kleiner, z. B.

nur 3 Zolle, so wäre die Geschw. nur $= \sqrt{62\frac{1}{2}' \times 3'}$, $= 47,43$ Zolle.

Also nur die Höhe von h über AB bringt eine Geschwindigkeit = c im Allgemeinen hervor, da außer dem Dasein von h, unter AB alles im Gleichgewichte sich befindet.

§. 14.

Befände sich Wasser zwischen ABJE (Fig. 2) in einer solchen Lage, daß sein Boden CE mit der Oberfläche ED eines andern Wassers EDFG in gleicher Höhe wären, und daß daher ED gar keinen hydrostatischen Seitendruck gegen BC ausüben könnte, so würde das Wasser mit der ganzen der Höhe h = BE zugehörenden Geschwindigkeit C abfließen. Es ist bekannt, wie dieses so geschieht, daß ein verticaler Durchschnitt über JE eine Parabel ist, die h zur Abscisse, und C zur Ordinate hat, deren Flächeninhalt $Q = \frac{2}{3}\, hC$ ist; wonach also die Wassermenge $M = QN = \frac{2}{3}\, hC \times N$ wird, wenn N die Breite eines parallelopipedalischen Flußbetts oder Gerinnes wäre, und daß, obgleich der Wasserspiegel sich hinter h im Ausflusse erniedriget, doch die Geschwindigkeit und Wassermenge dieselbe bleibt. Bei jedem andern h verändert sich QN nur nach dem Factor h. z. B. wenn h nur BE — Ee = Be wäre, so erstreckt sich der hydrostatische Druck bis an e d und der Fall ist nur so groß als AB über e d senkrecht erhöhet bleibt. In allen solchen Fällen, wo kein hydrostatischer Gegendruck vorhanden ist, richten sich Geschwindigkeiten und abfließende Wassermengen nach dem eben erwähnten bestimmten Gesetz, welches auch nur unbedeutende Einschränkung wegen der Adhäsion leidet. Man findet die Um-

stände, unter welchen dasselbe gilt, häufig bei obern Gebirgs-strömen, und bei allen künstlichen Wasser-Ueberfällen.

§. 15.

Da die Ursache der Bewegung des Wassers eine beschleunigende Kraft hat, die im Falle durch größere Höhen im Verhältniß von deren Quadratwurzeln zunimmt, so folgt: daß wenn h bei eigner Neigung des Bodens JD Fig. 1. oder JG Fig. 2. größer wird, auch die Beschleunigung wachsen müsse.

Mit der durch h = zy Fig. 1. erlangten Geschw. c durchläuft das Wasser auf AB nur die Länge ux = c in einer Sec., folglich, wenn zy bei B erst = h geworden wäre, die Länge uB in $\frac{uB}{Ax}$ Secunden.

Z. B. sei (wie in §. 13.) h = 2′, und das ihm zugehörende C = 11,18; uB = 44,72; so würde die Länge uB in $\frac{44,72}{11,18} = 4$ Secunden durchlaufen werden.

Dies ist das, was man Gefälle nennt, oder der Unterschied der Oberflächen des Wassers bei A und B = zy = h im Verhältniß zu der Länge von uB. In künstlichen Gerinnen und Canälen kann man dasselbe sehr genau vertheilen und die absoluten Geschw. für jedes h leicht berechnen; bei natürlichen Flüssen ist dasselbe mancherlei Veränderungen wegen Ungleichheiten des Bodens, und der gegenüberstehenden Ufer, oder wegen anderer zufälliger Hindernisse, die ein Stromprofil theilweise verengern, unterworfen. Denn wenn durch ein engeres Stromprofil nicht so viel Wasser ablaufen kann, als ihm durch ein vorhergehendes weiteres Profil zugeführt wird, so muß das zurückgehaltene Wasser sich ansammeln und in seiner Oberfläche so weit erheben,

bis es an der Stelle des Aufhaltes h so groß geworden ist, daß es mit seiner größeren Geschwindigkeit die ganze zufließende Wassermasse in derselben Zeit abführen kann, in welcher sie zugeführt wird. Solche abwechselnde Wirkungen nimmt man am besten bei kleinen Bächen, welche viel Gefälle haben, wahr, und man kann bei denselben, besonders wenn sie aus Auen in flache Ebenen sich ergießen, ein vollkommenes Bild von großen Strömen mit allen ihren Eigenheiten (Ebbe und Fluth ausgenommen) finden. In großen Strömen liegen solche Abwechselungen gewöhnlich zu weit von einander entfernt, als daß sie eine bequeme Uebersicht gestatten sollten.

§. 16.

So weit in einer Stromstrecke die von h erzeugte Geschw. ohne von den Hindernissen (15) beeinträchtigt zu sein, oder so weit h gleich im Verhältniß zu AB vertheilt ist, bleibt sie gleichförmig, und diesen Zustand eines Flusses, in den Strecken, worin derselbe sich findet, nennt man seinen Beharrungsstand. Es kann sich derselbe in großen Strömen meilenweit erstrecken. Er ist allemal ein anderer, wenn h sich verändert, daher die großen Unterschiede der Geschw., wenn bei großem Zufluß von oben, h außergewöhnliche Höhen erreicht, oder bei der Ebbe y beträchtlich unter AB herabsinkt, wobei h ebenfalls oft zunimmt.

Hingegen vermindert sich die folgende Geschw., wenn ein Flußbett breiter wird, mehr Wasser aufnehmen kann, und seine Oberfläche niedriger, oder h für die folgende Strecke kleiner wird.

Die Oberfläche des abfließenden Wassers bildet allemal eine geneigte Ebene, deren Grundlinie C' oder nC' bei einem gegebenen h für dieselbe $\sqrt{(c'^2 + h^2)}$ oder

$\sqrt{(nc'^2 + h^2)} = \sqrt{c^2}$ oder $\sqrt{c\,n^2}$ giebt; oder die Geschwindigkeit des nach der geneigten Ebene $ux = C$ oder $uy = nC$ fließenden Wassers, giebt für die Grundlinien derselben $Ax = c'$ oder $Ay = c'n$; $\sqrt{(C^2 - h^2)}$ oder $\sqrt{(nC^2 - h^2)}$.

Uebrigens wenn (§. 15.) $ux = 11{,}18 \ldots\ldots h = 2$, und $h : ux = ux : uw = \frac{11{,}18^2 \ldots}{2} = 62\frac{1}{2}$; so ist die Zeit t, für h, = 0,357 Sec., denn durch ux läuft das Wasser in derselben Zeit, wo ein anderer schwerer Körper durch u A = h fiele.

§. 17.

Obgleich es bei dem Falle des Wassers nach geneigten Oberflächen keinen Ruhewinkel giebt, wie bei dem Falle schwerer Körper auf schiefen Flächen, weil bei der leichten Verschiebbarkeit der Atomen des Wassers, keine Reibung Statt findet, so wird die Geschw. e doch auf eine andere Art, durch die Adhäsion des Wassers an den Boden und die Seiten des Canals, in welchem dasselbe fließet, und durch die gegenseitige Anziehung von diesen, verzögert, und eben diese Verzögerung modificirt nicht allein die Geschw. auf verschiedene Art, sondern sie gewährt auch einen Theil der negativen Wirkungen, deren man sich bedienen kann, um schädliche Geschw. des Wassers zu vermindern. (§. 8.)

Die von den Flächen der Ufer verursachte Anziehung des Wassers, und die daraus folgende Verzögerung seiner Geschw. steht demnach in dem Verhältniß dieser Flächen zu den Höhen des über denselben sich befindenden Wassers.

Denn da diese Anziehungskraft, wie jede andere Kraft in ihrer Intensität nach den Quadraten der Entfernung abnimmt, so kann sie sich nur auf eine gewisse Weite in der

Masse des Wassers ausdehnen, sie wird der Theorie nach, zwar erst an der Oberfläche aufhören, in der Natur aber schon in geringer Höhe über dem Boden des Flußbettes, unmerklich werden.

Fig. 3. sei ABJD der Durchschnitt eines Canals und EF die Höhe, woselbst die Kräfte der Anziehung, des Bodens JD, und MR = QP die Weiten, in welchen die Anziehungen der Seitenwände AJ und BD aufhören, einen bemerklichen Einfluß auf die Geschw. des in dem Canale fließenden Wassers auszuüben.

Man sieht: daß in den Ecken QJT und SDR die Anziehung, sowohl von JT und SD, als auch von QJ und RD geschieht, und daß dieselbe also $= SD^2 + RD^2$ $RS^2 =$ sein müsse. Dies hat die Folge: daß die bei QJ und RD am meisten verzögerte Geschw. daselbst auf das Material des Bodens nicht so stark wirken kann, wie in FE, und daß hier die Tiefe sich erhält oder vermehrt, wenn sie dort abnimmt, wonach, wegen der zusammenhängenden Wirkung der Wassertheile, der Boden sich in zwei Flächen von E nach R und von E nach Q ausgleicht.

Daß das vollkommenste Verhältniß, wo die Anziehung am wenigsten wirkt, die Geschw. zwischen E und R oder E und Q am wenigsten verzögert wird, und das Material des Bodens einen gleichförmigen Widerstand leistet, in QER keine geraden Linien, sondern krumme concave Linien erzeuge, sieht man in der Natur häufig, und in den günstigsten Fällen ist QER immer eine Hyperbel. Daher sind in zähen festen Boden die Flußbetten tief und schmal, bei leichter anzugreifendem Material schon flacher, und bei Sandgrunde, der sich in der kürzesten Zeit in die Lagen begiebt,

welche Geschw. und Adhäsion verlangen, am wenigsten tief, und mehr in die Breite ausgedehnt.

§. 18.

Die wichtigste Folgerung, die man aus dieser Wirkung der Adhäsion ziehen kann, ist die: daß die größte Geschw. weder an dem Boden eines Flußbettes, noch an der Oberfläche des Wassers sein kann, weil hier die Adhäsion an die Luft, dort die an den Boden, die Geschw. vermindern, sondern gerade in der Höhe zwischen E und G, da, wo die nach endlichen Reihen abnehmenden Wirkungen beider Anziehungen am kleinsten sind. Diese Stelle x mag nun unterhalb G liegen, wo sie will, so ist es wohl möglich, daß die Wasserschichten unter x bis nach E hin von der Adhäsion in ihrem Fließen immer mehr aufgehalten werden, allein die zwischen G und x befindlichen Wassertheile müssen, vermöge ihrer Cohäsion, bald eine gleiche Geschw. annehmen, da die obern Schichten von den untern gleichsam fortgetragen werden, und die untern nicht schneller unter jenen wegfließen können, ohne daß eine Senkung der ersten erfolgte, was man aber in der Natur nie findet.

Eben diese Gleichförmigkeit des Fließens, oder der Beharrungsstand (§. 16), verstattet dann auch die in jeder Strecke, selbst in kleinen Entfernungen vorhandenen Geschw. bei Berechnung des Stoßes des Wassers mit Zuverlässigkeit zum Grunde zu legen; und es kömmt nur auf die Mittel an, diese auch genau zu messen. Daß dazu solche Mittel, welche die Geschwindigkeit unmittelbar angeben die sichersten sein müssen, und daß sie vor allen andern Erfindungen, welche die Geschw. nur relativ angeben, den Vorzug verdienen, bedarf wohl keines Beweises.

Um Geschw. an jeder Stelle, wo dieselben in haupt-

sächliche Betrachtung kommen, zuverlässig zu messen, sind gehörig eingerichtete Schwimmer, das einzige und völlig zureichende Mittel; davon unten (§. 25.)

§. 19.

Folge jener Adhäsion (§. 17) ist auch die größere, oder vielmehr, die am wenigsten verminderte Geschw. in der Mitte eines Flußbettes oder Canales.

Wenn augenscheinlich (Fig. 3.) GE, und in derselben der Punkt x am wenigsten von der Einwirkung und Verzögerung der Adhäsion leidet, und diese zunehmend von x nach G und E wirkt, so muß auch die ursprüngliche Geschwindigkeit in x am wenigsten aufgehalten werden, und daraus folgt: daß der Stromstrich in der perpendicularen Linie EG am schnellsten fließen, nach AJ, JD und BD hin aber sich verzögern müsse. Daher entsteht die allgemein bekannte Erscheinung bei allen fließenden Wassern, daß, wie in Fig. 4. in der Linie der größten Tiefe HG, die Stromstriche am geschwindesten, und an den Ufern FA und DB viel langsamer fließen, ja daß daselbst die Geschw. oft 0 sein kann, und zwar nach Maasgabe der einwirkenden Adhäsion, indem diese nicht allein die Form des Querprofiles im Strome AE oder EB bildet, sondern auch verursacht, daß die langsamern Stromstriche von den Ufern an, sich nach dem mittlern schnellen Strome in krummen Linien xy . xy, analog dem Abhange des Bodens, sowohl von den Ufern nach der Mitte, als nach der Länge des Stromes, hinziehen. Auch bemerkt man dabei, daß alle Abwechselungen in der Beschaffenheit des Erdreichs im Flußbette, leicht Veränderungen in den Richtungen der Linie HG hervorbringen, wonach sich diese bald dem einen, bald dem andern Ufer nähern, und in natürlichen Flußbetten

selten auf lange Strecken, gerade Linien halten. Ausgemacht ist aber der Satz: „daß in allem fließenden Wasser „die größte Geschwindigkeit in den Perpendicularen über „den größten Tiefen sich befinde."

§. 20.

Bei solchen Ungleichheiten der Geschwindigkeiten, welche in einem Profile eines Stromdurchschnittes gleichzeitig Statt finden, ist es nicht leicht die Wassermengen zu bestimmen, weche durch dasselbe in einer gegebenen Zeit abfließen, weil nicht allein die durch den Abhang von den Ufern verkleinerte Fläche desselben, sondern auch die von der Adhäsion verminderten Geschw. in Betrachtung kommen, welche letztern, da es darüber noch an hinreichenden Erfahrungen fehlt, in jeder Lage erst durch Beobachtungen auszumitteln sein würden. Doch auch diese Schwierigkeit ist noch nicht die größte, sondern die Ungewißheit, welche bisher in den Erklärungen von den Ursachen des großen Unterschiedes, welchen alle Beobachtungen zwischen den Geschw. der Fallhöhen und den mittlern Geschw. der Ströme selbst, ergeben, geherrscht hat.

Anmerkung. D'Aubuisson pag. 109. Traité (D'Hydraulique) stellt das, was über mittlere Geschw. des Fließens in Strombetten bisher bekannt war, zusammen, welches ich zur Bequemlichkeit der Leser hier wörtlich anführe.

97.) D'après ce qui vient d'être dit sur la résistance du lit et sur ses effets, le divers filets d'un fluide en mouvement dans un canal ont une vitesse d'autant plus grande qu'ils sont plus éloignés des parois; ils ont ainsi des vitesses différentes. Cependant dans l'estimation de la depense du canal, on peut admettre que leur ensemble, ou la masse d'eau en mouvement, est

2*

douée d'une vitesse moyenne : ce sera, comme précédemment (53,66) celle qui, étant multipliée par la section du canal, donne le volume d'eau écoulé en une seconde.

98. Puisque la résistance est un effet de l'action des parois du lit, plus ces parois auront d'étendue, c'est-à-dire, plus, sur l'unité de longueur, le périmètre mouillé sera grand, et plus elle sera considérable.

Mais cette résistance du périmètre se répartira entre toutes les molécules de la section, puisque leurs mouvements sont liés par une adhérence mutuelle; ainsi, plus elles seront nombreuses, c'est-à-dire, plus la section sera grande, et moins la vitesse de chacune et par conséquent la vitesse moyenne en sera altérée. L'effet de la résistance sera donc en raison inverse de la section.

Il croitra d'ailleurs avec la vitesse. „Plus elle sera grande, et plus il faudra, dans un même tems, arracher de molecules à l'adhérence des parois: plus il faudra, en outre, les arracher promptement, et par conséquent, consommer de force: de sorte que la résistance sera en raison doublée de la vitesse.“ La viscosité du fluide donne encore lieu à une autre résistance, qui devient d'autant plus sensible, comparativement à la première, que la vitesse est plus petite: Dubuat avait remarqué ce fait important, et Coulomb, par une suite d'expériences faites avec intelligence et l'exactitude qui le caractérisent, a trouvé qu'elle est simplement proportionelle à la vitesse. Ainsi, l'expression du rapport entre la résistance et la vitesse a deux termes; dans l'un, la vitesse est à la deuxième puissance; et dans l'autre, à la première : ce dernier, qui n'est qu'une faible fraction de la vitesse, disparaît dans les

grandes vitesses; il est toujours inférieur à l'autre, tant que la vitesse excède $0^{mtr.}$ 07; mais au dessous, il devient prépondérant.

En somme, la résistance que l'eau éprouve en se mouvant dans un canal est proportionelle au périmètre mouillé, au carré de la vitesse, plus une fraction de la vitesse, et elle est en raison inversé de la section. L'expérience a, en outre, fait voir *qu'il en était à très-peu près ainsi.*

Ich behaupte dagegen, daß es nicht so ist, und nicht so sein kann.

Nach dem, was schon oben §. 6, 7, 8 über Cohäsion und Adhäsion gesagt worden ist, kann die Erste sich nie äußerlich zu erkennen geben, sie macht vielmehr einen integrirenden Bestandtheil des Wassers oder seiner Existenz als Fluidum aus. Allein nur die chemische Wirkung der Temperatur hat auf ihre Intensität Einfluß, und keine äußere mechanische Kraft kann in derselben eine Veränderung hervorbringen. Wenn nun bei allen Bewegungen, gerade durch die Cohäsion, das Wasser immer Wasser bleibt, das heißt, wenn es immer den Gesetzen der Schwere in allen Lagen folgt, wenn jede Einwirkung von dieser, sich sogleich in alle Theile des Wassers verbreitet und für jedes Atom desselben sich bemerklich macht — wie dieses unzählige Erfahrungen beweisen — so ist nicht abzusehen: wie man ein solches Losreißen, Uebereinanderrutschen, der Wassertheile und einen dadurch veranlaßt sein sollenden Verlust an der absoluten Geschw. ganz der Natur des Wassers entgegen, sich hat einbilden können? Hierbei liegt aber etwas Anderes zum Grunde: wie schon in der Anmerkung zu §. 13. III. bemerkt worden; weil die genannten Schriftsteller Cohäsion und Adhäsion nicht von einander zu unterscheiden wußten, und ihre verschiedenen Eigenschaften unter dem

Namen Anhänglichkeit und Klebrigkeit, (Adhérence und Viscosité) mit einander vermischten, weil sie auch einen wirklich hydrodynamischen Grund nicht auffinden konnten, und doch zu Erklärung der Verzögerung von dem Fließen des Wassers in offenen Betten, einen großen Coefficienten gebrauchten, so mußte ihnen dieser in der zweiten Potenz stehen, unbekümmert darum: ob ein solcher in der Natur auch wirklich vorhanden sei?

Was sollen aber dann alle diese Formeln nutzen, die wie es nun scheinen will, auf einem blos immaginairen Coefficienten beruhen, wenn dieser selbst nicht bestehen kann?

Ich muß mich hier noch bei den Worten: Plus elle sera etc. etc. aufhalten. Offenbar ist hier nur von ein und derselben Sache, der Adhäsion — Flächen-Anziehung, die Rede, deren Wirkung oben erklärt worden ist (§. 17. 18. 19) und die sich in der unmittelbaren Berührung mit andern Flächen, dem Benetzen (mouiller) am stärksten zeigt, daher auch Ankleben, Klebrigkeit genannt wird (viscosité).

Nun soll der Widerstand, welchen diese von den Flächen der Wände des Flußbettes entstehende Anziehung leistet, (oder die Verzögerung,) da wo sie entfernter von ihrer Ursache, also schwächer ist, im Verhältniß der Quadrate der Geschwindigkeiten, und da wo die wirkende Ursache am stärksten ist, nur in dem einfachen Verhältnisse der Geschw. selbst stehen, und die Formeln müssen daher 2 Ausdrücke erhalten. Gleichwohl wird zugestanden, daß die Hauptursache nur ein kleiner Bruch der Quadrate der Geschw. sei, und bei großen Geschw. fast verschwinde. Also wird doch eingeräumt: daß die Flächen-Anziehung nur einen kleinen Coefficienten ausmachen könne. Jenes Verhältniß der Quadrate der Geschw. ist nur durch Schlüsse aus unerwiesenen natürlichen Ursachen gefolgert, und in der Natur nicht vorhanden. Hätte man bescheiden

gesagt: wenn die Formeln passen sollen, so müssen diese Verhältnisse in der Natur da sein. Da dieses aber nicht ist, so bestimmt sich der Werth der Formeln von selbst, und ihre Urheber haben keine Ansprüche auf Nachsicht.

„Daß es in der Natur ein allgemeines Gesetz geben „müsse, nach welchem die Verzögerungen der Geschw. in den „Flüssen alle auf einerlei Art geschehen, und daß dieses „Gesetz mit allen bekannten Erfahrungen und ausgemachten „hydraulischen Grundsätzen in Harmonie sich befinden müsse, „wird kein Vernünftiger läugnen, eben so wenig, wie Je„mand wird behaupten können, daß dasselbe bereits aufge„funden sei." Denn wäre auch nur eine Ahnung von den Gründen eines solchen Naturgesetzes in den Schriften über Hydrotechnik vorhanden, wie sollte dieselbe nicht schon längst weiter verfolgt worden sein, und wie könnten Schriftsteller wie Kästner, Brünnings, Wiebeking u. A. an der Möglichkeit, dieses Gesetz aufzufinden, zweifeln, und alle Zuverlässigkeit nur von wirklichen Geschw. Messungen erwarten? Ich muß daher hier meine eigenen Bemerkungen und Schlüsse substituiren.

§. 21.

Die durch alle Erfahrungen bestätigten Gesetze sind: daß das Wasser sich entweder nach der triangularen, oder nach der parabolischen Scala richte.

1) Die triangulare Scala gehört ausschließlich der Hydrostatik an, sie giebt für jede Höhe h den hydrostatischen Seitendruck (horizontalen) $= \frac{1}{2}\, h^2$ und hat keinen Zeit-Coefficienten. Daher ist bei einer gegebenen Breite der seitwärts gedrückten Fläche = b und dem Gewicht 1 Cub.

Fuß Wassers = g, der Druck $\frac{1}{2}$ h². b.g; oder wenn f die gedrückte Fläche ist $\frac{f.h}{2}$. g.

2) Bei der parabolischen Scala, welche ganz der Hydraulik angehört, kommt der Coefficient der Zeit = t hinzu, und es entsteht Geschw. = c. Was nun (bei 1) blos Druck war, verwandelt sich nun in bewegte Masse, die nach dem Inhalte der Parabel = $\frac{2}{3}$ hc, und bei gegebener Breite = $\frac{2}{3}$ hcb in ihrer Masse für t enthält, wobei die für t = 1 Sec. nach Erfahrung bestimmte Geschw. c = 2, 15,625 rheinl. Fuß beträgt; oder Alles ist nun Fall.

Diese Verschiedenheit der Eigenschaften beider Scalen zeigt schon, was man davon zu halten habe, wenn bei bewegtem Wasser, von der triangularen Scale die Rede ist; und daß alles darauf begründete Raisonnement unrichtig sei.

Nach der parabolischen Scala lassen sich aber alle Erscheinungen bei bewegtem Wasser erklären, und es zeigt sich dabei nicht allein die Uebereinstimmung der physicalischen Gründe mit der mathematischen Betrachtung, sondern man findet auch in derselben unmittelbar die Ursache der Verzögerung in dem Fließen des Wassers, oder den Grund „weßhalb die wirklichen Geschw. der Ströme so sehr viel kleiner „sind, als die Geschw., welche sie nach ihrem Gefälle „(§. 15.) haben sollten;" denn

§. 22.

Fig. 5. I.) Da das ursprüngliche Vermögen eines, durch einen senkrechten Durchschnitt uJ frei auslaufenden Wasserstrahles nur die in der Parabel JuE enthaltene Wassermenge M = $\frac{2}{3}$ Juz E in der Zeit t erzeugt, in einem

Canale aber das ganze Rechteck des Durchschnitts uz EJ ausgefüllt werden muß, so gehört dazu die Wassermenge M + $\frac{1}{2}$ M = dem Flächeninhalte von uz EJ. Dieselbe Geschw. C = JE würde dieses erst in der Zeit t + $\frac{1}{2}$ t bewirken, oder für t würde C nur = $\frac{1}{2}$ JE sein, d. i. die Geschw. C ist für dasselbe t um die Hälfte verzögert worden.

II. Wäre nun allein der Raum uz EJ auszufüllen, zE eine feste Wand, so würde vor derselben die Oberfläche des Wassers aufsteigen, und dadurch der hydrostatische Gegendruck wie die √ von z E zunehmen, und auch t in demselben Verhältnisse größer werden, oder — welches einerlei ist — die Geschw. C würde wie die √ von h so lange abnehmen, bis die aufsteigende Oberfläche vor zE mit der Wasserhöhe h wagerecht geworden wäre.

Kann das Wasser aber von z nach B ungehindert fortfließen, und folgt demselben immer eine gleiche Wassermenge M nach, so kann, bei dem horizontalen Boden des Canals, nur so lange noch ein Unterschied Bx zwischen Bd = h' vorhanden ist, eine Bewegung von u nach B, durch die ursprüngliche Kraft von uEJ erfolgen, welche aber durch die (I.) angegebene Ursache verzögert wird, und ferner im Verhältniß der Entfernungen von ux abnimmt (§. 16.)

Soll nun die Geschw. in einem Canale sich nicht bis zum endlichen Stillstande verzögern, so muß h um bestimmte Unterschiede Bx wachsen, und, wenn der Canal gleiche Querschnitte behalten soll, sein Boden von J nach D, abhängig werden.

Ich will I. und II. durch ein Beispiel erläutern.

III. Michelotti untersuchte die Geschw. des Wassers in

einem gemauerten Canale, dessen senkrechter Querschnitt 48□″, die Länge 252′, das Gefälle 14′ waren.

Das Wasser floß in demselben mit einer Geschw. von 1′ 11″ 8‴ in 1 Sec., hätte aber für das Gefälle von 14′ mit einer Geschw. $= \sqrt{62\frac{1}{2} \cdot 14} = 29\frac{1}{2}$ Fuß, am Ende des Canals fließen müssen. Die Wassertiefe ist nicht angegeben, ich will dieselbe aber für den Durchs. von 48□″ zu 7″ annehmen. Für diese 7″ = h ist die Geschw. am Boden des Canals $= JE = \sqrt{62\frac{1}{2} \cdot \frac{7}{12}'} = \sqrt{5250''}$ $= 72{,}4'' = 6{,}04'$. Mit Uebergehung des kleinen Bruches 0,04, wäre also der Inhalt der Parabel von uEJ $= \frac{2}{3} 6' \cdot 7''; = 2\frac{1}{3}$□′; der Inhalt des Rechtecks uzEJ $= 3\frac{1}{2}$□′; oder die Geschw. C vermindert sich so, daß die mittlere Geschw. in der Parabel nur $\frac{2}{3}$ C $= \frac{2}{3} \cdot 6 = 4'$ bleibt.

Diese machen das Vermögen der in der Parabel enthaltenen Wassermenge M aus; weil aber mit demselben auch das, außerhalb der Parabel über derselben Bodenfläche noch enthaltene Wasser in dem Rechtecke uzEJ, mit fortbewegt werden muß, so verliert dabei, nachdem die Kraft der bewegten, und der Widerstand der ruhenden Masse sich zu der vollkommensten gemeinschaftlichen Bewegung ausgeglichen haben, die Geschw. 4′, von ihrer subjectiven Kraft noch $\frac{1}{3}$ (§. 30) und bleibt also nur $(4' - \frac{1}{3} \cdot 4') = \frac{8}{3}'$. Wird davon die beobachtete Geschw. 1′ 11″ 8‴ abgezogen, so bleiben 0, 8″ 4‴, welche die Größe der von der Adhäsion verursachten Verzögerung ausdrücken.

Wäre die Höhe des Wasserdurchschnitts h anstatt 7″ nur 6″ gewesen, so würde C nur $\sqrt{62\frac{1}{2} \cdot 6} = 5'\ 7''$ betragen haben, also die verminderte Geschw. von C nur $\frac{2}{3}$ C = 3′ 8″ 8‴ und davon $\frac{1}{3}$ abgezogen 2′ $5\frac{7}{9}$″. Daher nach Abzug der beobachteten Geschw. 1′ 11″ 8‴, für

die Adhäsion der dadurch verminderten Wassermenge nur 0, 6″ 2‴ übrig geblieben sein.

Da es hier nur auf ungefähre Bestimmung der Verhältnisse ankam, so habe ich die Geschw. nach rheinl. Fußen gesetzt.

Es leuchtet von selbst ein, daß die Adhäsion im Verhältniß der benetzten Flächen oder der berührenden Wassermengen stehen müsse, da jedes Atom, das mit der Fläche in hinreichende Nähe kommt, auch seine Anziehungskraft äußert; aber eben deßhalb darf man keine Zuverlässigkeit von Versuchen erwarten, welche unter zu kleinen Dimensionen angestellt worden sind, und noch weniger von solchen kleinen Experimenten auf große Stromprofile und Wassermengen schließen.

Anmerkung. Die intensiven Kräfte zweier sich gegenseitig einander anziehender Kräfte, wirken nur im Zustande der Ruhe, (und also bei dem Wasser, nur im Stande seines Gleichgewichtes,) mit ihrer völligen Stärke, und jede Bewegung, welche die angezogenen Theile von einander entfernt, muß auch einen Theil derselben aufheben, oder unwirksam machen.

Wenn nun gleich bei der Bewegung immer neue Wassertheile an die Stelle der eben entfernten treten, wenn man selbst annehmen wollte: die Adhäsion wäre in dem ersten Zeitelemente der Berührung stärker als in den folgenden — was jedoch durch keine Erfahrung bestätigt wird, — so können dieselben doch ihre Anziehungskraft um so weniger ausüben, je schneller sie über die anziehende Fläche weggehen. Gesetzt auch: daß die Summe der in einer bestimmten Zeit t vorübergehenden Wassertheile, die diese letzte Attraction ausübten, der Attraction beider Flächen im Stande

der Ruhe gleich käme; so würde daraus nur folgen: daß die Adhäsion im Verhältniß der benetzten Flächen stehen müsse. Nun hat man aber in den Formeln das Verhältniß von der Einwirkung der Adhäsion auf die Verzögerung des Laufs der Flüsse, bald der Geschw. bald dem Quadrate der Geschw. oder gar den Producten aus beiden in die benetzten Flächen gleich gesetzt, ohne dabei den Thatbestand zu beweisen, oder die Größe der Adhäsion auszumitteln; und dies nur deßhalb, weil man den Coefficienten der Adhäsion nie groß genug bekommen konnte, um die Verzögerung einigermaßen, scheinbar mit den Erfahrungen übereinstimmend, zu erklären.

Alle Geschw. Messungen in Strömen beweisen, daß die Verzögerungen derselben nach dem Boden zu, nicht so sehr zunehmen, oder daß die Wirkung der Adhäsion nicht so groß sei, als die angenommenen Verhältnisse sie verlangen, oder daß dieselben sich auf eine Annahme begründen, die in der Natur nicht vorhanden ist.

Da nun alle solche Formeln, in welchen der wirkliche hydrodynamische Grund (§. 22. II.) gar nicht enthalten ist, und die sich zum Theil auf unwahre Hypothesen stützen, nie mit den Erfahrungen übereinstimmen können, so wird man ihnen auch keine Anwendung in praxi zugestehen; und es ist nur zu bedauern, daß ihre Urheber so viele Zeit und Mühe verloren haben, die Wahrheit auf einem Wege zu suchen, auf welchem sie nicht zu finden war.

Für die Ausführung wird es aber in allen Fällen hinreichen, die Größe der Adhäsion und ihrer Modificationen, nach den Unterschieden der den Gefällen angehörigen Geschw. von den durch die vorhin angegebenen Ursachen verzögerten Geschw. und der beobachteten zu schätzen. Dabei ergiebt

sich, daß im Vergleich mit der Stoßkraft und ursprünglichen Geschw. die Adhäsion nur einen kleinen Coefficienten ausmacht.

IV. Nach dem ersten Beispiele trifft es auch zu: daß die einzelnen Fallhöhen, um welche h vermehrt werden muß, um eine gleichförmige Geschw. unter den gegebenen Umständen in dem Canale zu unterhalten, in ihrer Summe dem Gefälle von 14 Fuß nahe genug gleich kommen. Denn da die blos durch Adhäsion verzögerte Geschw. (4 — 8″ 4‴ = 3′ 3″ 8‴, (welcher die Höhe = 0, 2″ 5‴ angehört,) in der Länge des ganzen Canals = 252′ aber die unveränderte Länge von 4 Fuß, für welche der Zusatz an Gefälle gegeben werden muß $= \frac{252}{4} =$ 63mal enthalten ist; für das erste $\frac{1}{63}$ aber die ganze Höhe der ersten Geschw. = 7″ zu berechnen ist, so machen diese zusammen, 62 × 2″ 5‴ + 7″ = 13′, 0″, 10‴ aus; und um soviel muß die Oberfläche des Wassers in dem Canale sich an seinem Ende, unter die Horizontallinie bei h herabsenken, und die einzelnen Höhen der Zusätze wachsen in einer arithmetischen Reihe, deren erstes Glied bei h 7″ ist, der Unterschied der Glieder = 2″ 5‴ und das letzte Glied am Ende des Canals 62 . 2″ 5‴ + 7″ = 13′, 0″, 10‴ beträgt.

Diese Senkung der Oberfläche des Wassers, und die daher entstehende Fallgeschwindigkeit, kann aber nur durch eine gleiche Abhängigkeit des Bodens im Canale bewirkt werden.

Wie jedoch die endliche Bestimmung der Größe der Verzögerung im Laufe der Flüsse noch von andern Umständen abhängt, kann erst nach Erklärung der Gesetze des Wasserstoßes gezeigt werden.

§. 23.

Es zeigt sich hiernach die Möglichkeit, a priori aus einem durch Nivellement gefundenen Gefälle Bx und der Länge des Flusses JD die verzögerte Geschw. uy zu finden, und daraus auf die Größe der sonst noch obwaltenden Hindernisse schließen zu können. Die der Wasserhöhe uJ = h angehörende Geschw. = c bestimmt wesentlich JE für 1 Sec.; und damit ist, in welchem Querschnitte eines gleichförmig fließenden Canals man auch uJ annehmen mag, uzEJ, und auch der Inhalt der Parabel uEJ, folglich auch die Verzögerung = $\frac{1}{3}$ JE gegeben. Daher geben Beobachtungen der vorhandenen Geschw. die Unterschiede, welche die übrigen Hindernisse andeuten. Man muß aber Beides kennen, die Höhenunterschiede zy und Bx gegen u, welche durch Nivellement gefunden werden, nebst den Wassertiefen h; damit man wisse, wie weit bei vorzunehmenden Veränderungen x sich nach B erheben könne; und die vorhandenen Geschw. um danach die Natur der Hindernisse zu beurtheilen.

Solche Lagen, an welchen man diese Entstehung der kleineren Geschw. am besten untersuchen kann, bieten die Ausflüsse aus Seen und großen Wasserbehältern dar, bei welchen h sich genauer, als in gewöhnlichen Flußbetten angeben läßt.

§. 24.

I. Für die Bestimmung der Größe von den Einwirkungen der Adhäsion allgemeine Regeln zu geben, dies möchte um so schwieriger sein, weil dieselbe von zu mannigfaltigen Umständen abhängt. Sie verdient auch keine ängstliche Beachtung, weil sie bei größern Tiefen, als der kleinste Coefficient, und zwar beim Uferbau dem Zwecke behülflich

wirkt; und weil da, wo ihre Wirkung im Verhältniß zu den Wassertiefen bemerklicher wird, keine Gefahr vorhanden ist. Dagegen erfordern die Beobachtungen der wirklich vorhandenen Geschwindigkeiten alle Aufmerksamkeit, weil nach diesen die Größe des Stoßes und der Wirkungen des Wassees berechnet werden muß.

II. Da in der Linie HG (Fig. 4.) die Geschw. am wenigsten verzögert wird, und das Wasser in derselben, bei einem anfänglichen h, sich in seiner Oberfläche mehr senkt als an den Ufern FA und DB, so muß auch in einem jeden Querschnitte FD oder AB, die Oberfläche bei H oder G niedriger sein als bei F und D oder bei A und B; welches auch die Erfahrung bestätiget; und zwar ist diese Senkung = dem h, welches den Geschw. xy angehört. (§. 22. IV.)

III. Eben dieser Neigungen von x nach y wegen, können auch die Geschw., mit welchen das Wasser senkrecht auf einen Durchschnitt AEB, oder parallel mit FA oder DB, durch denselben gehet, nicht in allen Parallelen gleich sein, sondern es muß eine mittlere Geschw. geben, welche mit dem Flächeninhalte von AEB multiplicirt, die Wassermenge M für t giebt, und daher wird man den Irrthum älterer Schriftsteller einsehen, die die Geschw. in einem solchen Durchschnitte durchaus gleich annahmen.

IV. Nach §. 22, 1 wird die Geschw. des Fließens von H nach G um $\frac{1}{3}$ C verzögert; in dem Profile AEB verursacht aber die Adhäsion eine Verminderung derselben in dem Verhältnisse von $GB^2 : EB^2$. (§. 17.)

Nimmt man nun in GE die erste verminderte Geschw. = $\frac{1}{3}$ C; so wird diese noch in dem letzten Verhältniß ver-

mindert, $= \frac{GB^2 . \frac{1}{2} C}{EB^2} = p$, und dann ist $M = \frac{(GB . GE)}{2} . p$. Der Punkt 0, wo sich diese mittlere Geschw. in dem Dreieck GEB finden muß, ist dessen Schwerpunkt. Wenn auf der andern Seite von GE Alles gleich angenommen wird, so ist die Wassermenge, welche durch Profil AEB fließt $= 2 M = 2 \frac{(GB . GE)}{2} . p$; oder GB . GE . p.

Liegt EG nicht in der Mitte von AB, und sind daher die Dreiecke AEG und BEG nicht einander gleich, so muß jedes für sich berechnet werden.

Die Wassertheile zwischen o und GE fließen in demselben Verhältnisse nach EG hin, schneller, wie sie umgekehrt von 0 an, nach A und B verzögert werden.

§. 25.

I. Bei den Strömen, welche in ihrem Laufe Unregelmäßigkeiten zeigen, denen man entgegen arbeiten muß, kommt es außer den Geschw., welche gemessen werden sollen, zugleich auf die Richtung der Stromstriche, in welchen sich die größten Tiefen befinden, und deren Entfernungen von den Ufern an, weil von beiden die §. 24. erwähnten Verhältnisse abhängen. Denn sowie jene den dynamischen Werth der Gegenmittel bestimmen, so müssen diese die Stellungen, in welchen sie anzubringen sind, angeben. Die Mittel, deren man sich zu diesen Zwecken bedienen will, müssen also auch Beides leisten können.

II. Dazu aber reichen Messungen mit schwimmenden Körpern hin, welche fast gleiches eigenthümliches Gewicht wie das Wasser haben, und die daher dieselbe Geschw., welche der Strom hat, annehmen. Man kann den Stab des Cabeo oder 2 hohle Kugeln, in welche man soviel Wasser

einläßt, daß dieselben beinahe gleiche Schwere mit dem umgebenden Wasser haben, dazu gebrauchen. Die Letzten verbindet man im Verhältniß der Tiefen mit kürzeren oder längern Stangen von 1 Linie starkem Eisendraht, so daß die untere Kugel etwas schwerer ist, die obere leichtere aber nur um $\frac{2}{3}$ ihres Durchmessers, unter die Oberfläche des Wassers herabsinkt und $\frac{1}{3}$ derselben, über dem Wasser sichtbar bleibt. Die auf diese Art zusammenverbundenen Kugeln nehmen, wenn sie eine kurze Zeit in dem Wasser sich befunden haben, die Geschw. des Stromstrichs, in welchem sie fortfließen, an, und behalten dieselbe so lange stetig, als keine Veränderung in der Geschw. des Ersten vorkommt.

III. Um nun eine verlangte Strom-Geschw. vermittelst derselben zu untersuchen, darf man nur an dem Ufer des Flusses DB (Fig. 6.) (oder auch wenn es ein sehr breiter Strom wäre, auf vor Anker gelegten Booten,) eine gerade Linie DB ausmessen, und auf dieselbe in gemessenen Entfernungen DL, LB... rechtwinklichte Ordinaten Dm, Lm, Bm, mit Zeichenstäben ausstecken, in deren Richtungen auch die Entfernungen in dem Stromstriche HG; HK = DL; KG = LB liegen.

Läßt man nun in einiger Entfernung oberhalb H in den Stromstrich HG die Kugeln in das Wasser ein, welche dann bei H ihre stetige Geschw. schon angenommen haben, und beobachtet ferner nach einer Secunden-Uhr, die Zeit, welche Kugeln gebrauchen, um von H nach K und von K nach G zu kommen, so ist die in Fußen ausgedrückte Länge DB = HG, dividirt durch die gefundene Anzahl der Sec., die Geschw. des Stroms in einer Secunde.

Z. B. DB sei 30 Ruthen rheinl. = 360 Fuß, die Zahl der Secunden, in welcher die Kugeln von H nach G

schwimmen, wäre 124 Fuß; so ist die Geschw. des Stroms in einer Secunde, $= \frac{360}{124} = 2' \; 10'' \; 9'''$.

Wenn bei gleichen Entfernungen DL, LB,... auch immer gleiche Anzahlen von Sec. herauskommen, so ist die Bewegung gewiß gleichförmig, und dies Verfahren dient also zugleich die Stetigkeit der Geschw. zu erforschen; da ungleichförmige Bewegungen auch andere Zeiten geben müssen, so werden auch diese dadurch gefunden.

Es würde überflüssig sein über solche Geschw.-Messungen hier mehr zu sagen, da jeder praktische Hydrotekt zugleich Geometer ist, der nach Umständen die besten Methoden erwählen kann, um die Beobachtung der schwimmenden Körper nach Maas und Zeit zu bewerkstelligen.

§. 26.

I. Der Gebrauch der Pitotschen Röhre, der sich auf Gründe stützt, die erst in dem folgenden Abschnitte (§. 32. III.) erklärt werden, findet nur in Flüssen Statt, die mäßige Tiefen etwa bis 10 Fuß haben. Wollte man dieselbe in Flüssen von großen Tiefen anwenden, um die (übrigens unnützen) Untersuchungen der Geschw. tief unter den Oberflächen anzustellen, so würde das Instrument zu unbeholfen werden. Siehe unten §.

II. Alle Beobachtungen mit andern Instrumenten können die Zuverlässigkeit der Schwimmer nicht erreichen, weil es leichter ist, die kleinen Anomalien, welche bei ihnen vorkommen, zu entdecken, als bei Instrumenten, welche bei ihrem Gebrauche noch andere Beziehungen erfordern, die zum Theil gar noch nicht beachtet worden sind. So giebt z. B. der Woltmannsche hydrometrische Flügel alle Geschw. zu klein an, weil bei demselben der Widerstand des Wassers

gegen die sich umdrehenden Flügel (v. Anleitung zum Bau der Mahlmühlen von W. Meißner §. 56. III.) nicht gehörig berechnet worden ist, wie dieses die von Funk mit diesem Instrumente angestellten Geschw.-Messungen, durchgängig beweisen.

Die Brünning'schen und andere Geschw. Messungen, möchten ähnlichen Einwendungen, mehr oder weniger unterliegen.

III. Abschnitt.

Von dem Stoße des Wassers.

§. 27.

I. Ehe ich diesen Hauptgegenstand der Hydrotechnik berühre, muß ich mich mit meinen Lesern vorher über die einzig richtige Ansicht desselben verständigen, und dazu folgende allgemeine unbestreitbare Sätze voranschicken.

1) Stoß ist, Masse mit der Geschw. multiplicirt.
2) Geschw. wird durch irgend eine lebendige Kraft erzeugt.
3) Die allgemeine Anziehung der Erde, oder die Schwere ist eine solche Kraft, die sich beim Falle der Körper nach dem bestimmten Gesetz zeigt, daß die Zunahme der Geschw. in jedem Zeittheile gleich ist, also im Verhältniß ihrer Quadrate, oder wie die $\sqrt[2]{}$ der Fallhöhen wächst.
4) In den Eigenschaften der Parabel sind dieselben Verhältnisse enthalten, und sie kann daher zum Ausdruck und Maaßstab derselben mit Nutzen und großer Bequemlichkeit gebraucht werden; wie sie denn auch dazu schon immer angewendet worden ist.
5) Unwiderlegbare Erfahrungen haben bewiesen, daß die-

selben Gesetze des Falles fester Körper, auch bei dem Falle der flüssigen Körper, sowohl in Ansehung der zunehmenden Geschw. als der dadurch erzeugten Wassermengen, gelten.

II. Die Anwendung der Parabel, oder der parabolischen Scale ist also so zu verstehen.

Fig. 7. ist AE die Höhe = h eines Wassers, welches durch AE und ED ungehindert ablaufen kann.

AE drückt die Fallhöhe h aus, und ist die Abscisse der Parabel; ED zeigt die Geschw., welche durch den Fall durch h in einer Zeit t erlangt wird, und ist die AD zugehörende Ordinate.

Bei A oder im Anfange des Falles, den ein anderer schwerer Körper durch AE thäte, ist die Geschw. = 0; in E erreicht er die Geschw. = ED, mit welcher er in E wieder anfangend in dem nächsten t einen noch einmal so großen Raum als AE gleichförmig durchlaufen würde; wozu noch die Zunahme der Geschw. = AE kommt. Daher wachsen die Geschw. wie die Ordinaten e′f′, ef, ED und die in dem Inhalte der Parabel Af′fDE enthaltene Wassermenge M ist = $\frac{2}{3}$ ABED = $\frac{2}{3}$ ED, AE (§. 13.)

III. Wäre die Ausfluß-Oeffnung von A bis e verschlossen und nur zwischen e E offen, so wäre für dieselbe Zeit t, M nur $\frac{2}{3}$ AE . ED — $\frac{2}{3}$ Ae . ed = efDE, ebenso für die Oeffnung e′ E; M = $\frac{2}{3}$. AE . ED — $\frac{2}{3}$ Ae′ . e′d′.

IV. Diese Verhältnisse (II. III.) finden statt, wenn das ausfließende Wasser unterhalb JD sich sogleich entfernen kann, oder wenn es auf eine untere Wasseroberfläche ED fiele; wobei, etwa wegen eines bei J befindlichen Fachbaumes, die Druckhöhe weder vergrößert noch verkleinert

wird. Wenn das ausfließende Wasser AED sich aber auf ED und in dessen Verlängerung über D hinaus sich fortbewegen soll, z. B. in einem Canale, so wird dasselbe darin immer eine gewisse Höhe Dd, Dd'... annehmen, und die zwischen fdD oder F' d' D enthaltene Wassermasse, wird von der ursprünglichen Kraft AED mit fortgetrieben werden müssen, wodurch die zur Höhe AE gehörende Geschw. bei D soviel vermindert wird, als zur Fortschaffung der Last von fdD oder f' d' D' erforderlich ist; begreiflich kann die Verlängerung von D nach D* sich weit erstrecken, und DD* d* f eine bedeutende Größe erreichen.

V. Wäre über dem horizontalen Boden JD* vor AE das Unterwasser in einer Höhe z. B. Ee vorhanden, so würde dasselbe einer gleichhohen Wasserschicht ie hinter AE hydrostatisch das Gleichgewicht halten, oder wenn AE eine feste Wand wäre, so würde diese durch die Höhe Ee von beiden Seiten gleich stark gedrückt werden; über e würde die Wasserhöhe in dem Verhältniß von $\frac{1}{2}$ Ae²; in der ganzen Höhe AE aber nur wie ($\frac{1}{2}$ AE² — $\frac{1}{6}$ eE²) drücken.

VI. Bei dem wirklichen Ausflusse durch AE, wo die Wassermenge ADE = $\frac{2}{3}$ ABDE mit ihrer mittleren Geschw. = $\frac{2}{3}$ DE fließt (IV.), hat dieselbe auch die Wassermenge eEDd fortzubewegen, wozu sie einen Theil ihrer Geschw. verwenden muß, und es kann daher durch e E keine so große Wassermenge fließen, als der mittlern Wasserhöhe der Parabel zwischen AE und Ae zukäme, sondern es muß sich diese eben so vermindern, wie die Höhe dD im gleichweiten Canale, mit der Ausfluß-Oeffnung AE zunimmt, um den Beharrungsstand, oder die mittlere Geschw. zu erzeugen, mit welcher eEDd nach D* fortfließt.

VII. Sowohl in einem sich unter D erweiternden Canale, als wenn von D nach D* ein Gefälle vorhanden ist, braucht das Wasser nicht so hoch über d zu steigen, um den genannten Beharrungsstand hervorzubringen, daher wird sich die durch e E fließende Wassermenge auch nicht so sehr vermindern.

Da dieses bekannte Bemerkungen sind, von deren Richtigkeit ein Jeder, bei den Ausflüssen der Schleusen, oder bei Mühlengerinnen und Freiarchen, vor welchen einiges Stauwasser befindlich ist, sich leicht überzeugen kann, dieser Gegenstand auch nicht zu meinem Zwecke gehört, so habe ich dieselben hier nur angedeutet. Wichtiger ist:

VIII. daß diese synthetische Zusammenstellung, in Verbindung mit §§. 22. und 23. zu der einzig richtigen Erklärung der dynamischen Ursache von der Verzögerung in dem Laufe der Flüsse, oder der Entstehung mittlerer Geschw. führt; welche alle Bemühungen: diese mit alleiniger Hülfe der Analyse zu finden, noch nicht haben geben können. Denn es ergiebt sich daraus: daß 1) die ursprüngliche Kraft im Verhältniß der $\sqrt{}$ h, oder der $\sqrt{}$ der Wassertiefen stehe. 2) Daß durch den Widerstand der außerhalb der wirkenden Parabel über ED in dem Canale oder einem Flußbette befindlichen Wassermasse ADB, die absolute Geschw. von h = c bis auf $\frac{1}{3}$ reducirt werde; und 3) daß nur der Theil, um welchen die wirkliche gemessene Geschw. noch kleiner ist als die Geschw. = $\frac{1}{3}$ C, diejenige Verzögerung sei, welche von der Adhäsion verursacht wird. Hinreichende Data zu Feststellung, eines bisher noch unbekannten Naturgesetzes.

§. 28.

I. Wenn Wasser durch einen offenen Durchschnitt

AE, Ae oder Ae′ ausläuft, so haben alle seine horizontalen Schichten, die den Höhen AE, Ae, Ae′ zugehörenden Geschwindigkeiten ED, ef, e′f′, und die mit diesen Geschw. auslaufenden Wassermengen M, m, m′ stehen in den Verhältnissen der Quadrate von ED, ef, e′f′, oder in dem Verhältnisse der √ von AE, Ae, Ae′. Es ist daher unmöglich: daß die von A nach f und f′, oder von A nach e, e′, langsamer nachfolgenden Wassertheile, auf die unteren schneller ausweichenden Schichten noch Druck ausüben könnten, sondern sie erlangen dieselben Geschw. der letzen, allein durch die Beschleunigung des Falles, und daher nicht eher, als bis sie mit diesen in gleiche Tiefe herabgekommen sind.

Anmerk. Die Vorstellungsart vieler Schriftsteller, welche neben der Wirkung des hydraulischen Falles, zugleich noch einen hydrostatischen Druck annehmen, ist die vorzüglichste Ursache von den Ungewißheiten, welche noch in der Wissenschaft herrschen, und die Fortschritte derselben gehemmt haben. (§. 21.)

II. Geht der Strahl des Wassers ADE in freien Raum aus, und erleidet er keinen andern Widerastnd als von der atmosphärischen Luft; so ist die größte Verminderung seiner Geschw. durch senkrechten Widerstand der Luft, dem Durchschnitt seines zusammengezogenen Strahles, oder der Fläche desselben, multiplicirt durch seine Geschw. und die eigenthümliche Dichtigkeit der Luft gleich. Dieses kann aber nur bei einem Katarakt, in dem ersten Augenblicke seines Falles Statt finden; bei andern Wasserfällen in einem Flusse, kann der Widerstand der Luft nie mehr betragen als h. $\frac{2}{3}$ C, und im gewöhnlichen Laufe eines Flusses ist

der senkrechte Widerstand nie größer als v . $\frac{2}{5}$ C, beide multiplicirt mit der Dichtigkeit, oder dem eigenthümlichen Gewichte der Luft, und der Breite des Wasserstrahles.

Nie erreicht dieser Widerstand der Luft an den Durchschnitten des Gefälles eine solche Größe, welche verdiente in Vergleichung mit der subjectiven Kraft des fließenden Wassers, in Betrachtung gezogen zu werden.

Daher kann man den Widerstand der Luft nicht nur bei dem Fortfließen des Wassers in Strömen gänzlich omittiren, sondern man braucht auf denselben auch bei dem Wellenschlage keine Rücksicht zu nehmen.

III. Die Erscheinungen, welche das bestätigte Gesetz (I.) bei der parabolischen Scala zeigt, sind folgende:

Die einzelnen Geschw. 1′, 2′, 3′, 4′, 5′, 6′, welche durch die Fallhöhen 1, 2, 3, 4, 5, 6, erlangt worden, sind gleichzeitig, und bilden die Form des parabolischen Durchschnitts AfDE. (Fig. 8.)

Da AE = 15,625; ED = 31,250 rheinl., so ist der Inhalt des Durchschnittes = M, oder dieses drückt das Vermögen aus, welches nach den Gesetzen des Falles in der Wasserhöhe AE liegt, und von E nach D zu fließen = $\frac{2}{3}$ AB. AE = $\frac{2}{3}$ ED. DB. Mit dieser Geschw. würde AfDE von D nach F fortrücken, und die Parabel ihre Form beibehalten, wenn auf ED und auch an den Seitenwänden AGEF die Geschwindigkeit von ED und der zunächst über und an denselben befindlichen Wassertheile soweit verzögert würden, als die Adhäsion in dieselben einwirkt. Dadurch aber gewinnen die obern, von der Adhäsion weniger afficirten Wassertheile soviel Zeit, daß sie über die untern weggehen, und weil die Verzögerung bei gleichen Breiten des Canals im Verhältniß wie ED nach G sich verlängert,

zunehmen muß; so erfolgt die allmählige Anfüllung des Canals, die Erhöhung seiner Oberfläche so lange, bis sich die Kraft von AfDE mit diesen Hindernissen und dem (§. 22. I. II.) Gewichte der todten Masse = ½ ABDE ausgeglichen hat, und eine mittlere Geschw. nachblickt.

Diese Erscheinung findet man, genau so wie ich sie eben erklärt habe, bei solchen Freiläufen oder Ablaßwehren, deren Fachbäume mit dem Boden des untern Abflußcanals wagerecht liegen, in der Natur bestätiget.

IV. Kann das durch einen Durchschnitt wie Aa (Fig. 8.) ausfließende Wasser unter ab herabfallen, und steht ihm daselbst keine Verzögerung im Wege, so hat es bei a schon die Geschw., welche der Höhe Aa angehört, und mit derselben beschreibt es die Parabel afd, welche AfD in f durchkreuzt. Es erreicht also mit dieser größern Geschw. = ef den Punkt f schon nach der Fallhöhe a e; dahingegen das von A an fallende Wasser durch die Höhe Ae gefallen sein muß, ehe es in f ankommen kann. Hinter f muß daher der Wasserstrahl eben so auseinander gehen, wie er von Aa nach f sich zusammengezogen hat; und da gleiche Wassermengen durch Aa, und jeden andern Durchschnitt des Strahles laufen, so verhalten sich diese Durchschnitte umgekehrt, wie die in jeder Höhe = e . e' . e'' durch den Fall von A erlangten Geschwindigkeiten.

Das Zusammenziehen und Ausbreiten des Wasserstrahles bringt auch noch die bekannten Erscheinungen bei Veränderung der Formen desselben hervor, so daß z. B., wenn bei a eine dreieckte Ausflußöffnung wäre, deren Spitze sich oben befindet, der Wasserstrahl bis in f ebenfalls die dreieckte Form mit der Schärfe oben haben; hinter f aber die

Schärfe nach unten, und die breite Seite nach oben sich kehren wird.

V. Da jede Ausfluß-Oeffnung eine gewisse Höhe über a hat, so ist der Unterschied der Geschw. und der Parabeln, welche daher entstehen, desto bedeutender, je größer diese Höhe ist, und auch die Zusammenziehungen des Wasserstrahles von oben herab, werden bei hohen Oeffnungen früher zunehmen, als bei niedrigern, in denen die Unterschiede der Geschw. kleiner sind. Dies ist die verticale Zusammenziehung des Wasserstrahles.

Wenn aber vor einer Oeffnung auf beiden Seiten Wasser stehet, dessen untere Geschwindigkeiten gleichfalls stärker nach der Oeffnung zu eilen, so erfolgt daher eine horizontale Zusammenziehung, die den Strahl auch von den Seiten zusammentreibt. Allein in der untern Parabel asd geht keine Veränderung vor, weil in derselben sowohl die Höhen der senkrecht über der Oeffnung befindlichen Wasserschichten, als der seitwärts liegenden mit gleichen Geschw. wirken, und eine Erhebung über diese Parabel der Wirkung, oder Richtung der Schwere entgegen, unmöglich ist.

Die horizontale Zusammenziehung erfolgt nur an einer Seite, wenn auf der andern Seite kein Wasser vor der Oeffnung stehet; z. B. wenn die Oeffnung sich unmittelbar an einer senkrechten Wand befindet, wie dies häufig bei Mühlen der Fall ist. Ueberhaupt bestimmen Höhe des Wasserstandes, Ausfluß-Oeffnung und die Parabel, die Form eines jeden freifallenden Wasserstrahls, die so unveränderlich ist, daß man unter den parabolischen Bögen der größten Wasserfälle, trocken stehen kann.

§. 29.

I. Nach diesen Bemerkungen über die Formen und

Geschw., welche die Wasserstrahlen im freien Falle nach den Gesetzen der Schwere nothwendig annehmen müssen, und nach allen Erfahrungen auch wirklich annehmen, wird sich nun die Theorie des Wasserstoßes auch völlig einleuchtend erklären lassen, und man wird die Uebereinstimmung des mechanischen Gesetzes beim Stoße fester Körper mit dem Stoße des Wassers sogleich finden. Bei dem Stoße fester Körper giebt die Masse M, multiplicirt mit der Geschw. C die Größe des Stoßes P, welche man nicht anders als nach dem eigenthümlichen Gewichte G der Masse schätzen kann; daher ist MCG die Kraft des Stoßes nach Gewicht ausgedrückt, und mit demselben verglichen; denn es ist M unzertheilt und völlig bei dem Anfange der Geschw. C vorhanden, und es darf C nur noch für eine gegebene Zeit t bekannt sein, um die Größe von P zu finden.

II. Bei dem Wasser hingegen ist seine Masse M im Anfange von t noch gar nicht vorhanden, sondern nur ein Element derselben = x und nur durch C werden in der Zeit t, n solche Elemente erzeugt und bewegt, so daß am Ende von t, nx = M wird. Daher fällt der Factor C hinweg, und die Größe des Stoßes bleibt nur MG. Aber C bestimmt immer die Größe von M; da, (sei es für eine Ausfluß-Oeffnung, oder für eine Fläche F oder f, welche den Stoß auffängt,) CF, oder Cf; die Wassermenge, welche den Stoß MG ausübt, giebt; indem sich verschiedene C, c' wie $\sqrt{h} : \sqrt{h'}$ verhalten.

III. Für jede Wasserhöhe ist daher ihre zugehörende Geschw. C multiplicirt mit der Fläche F, welche den Stoß auffängt CF = M und MG die Größe des Stoßes, welcher aber in seiner ganzen Stärke nur bestehet, wenn F dem Wasserstrahle senkrecht entgegen steht und nicht aus-

weicht. Dies ist der absolute Stoß. Weicht f mit einer gewissen Geschw. v aus, so bleibt die Größe des Stoßes nur C — v, (f G) würde f gegen M mit einer Geschwindigkeit = w bewegt, so wäre die Größe des Stoßes C + w. f. G. Beide Arten — wovon jedoch die letzte selten in der Ausübung vorkommt — geben den Stoß relativ an.

IV. Der freifallende Wasserstrahl erleidet nur die geringe Verschwächung durch die Adhäsion an den Ausfluß-Oeffnungen und den Widerstand der Luft, er wird daher fast in seiner ganzen absoluten oder relativen Größe wirken können; deßhalb muß man da, wo man von dem Wasserstoße Nutzen ziehen will, die Einwirkungen der Adhäsion möglichst zu vermindern suchen. *)

V. Die Fallgeschwindigkeit eines nach der Parabel fallenden Wasserstrahles wird völlig vernichtet, wenn er von einer Fläche, welche nicht ausweichen kann, ganz aufgefangen wird. Da aber das Material eines Flußbettes, in welches ein solcher Strahl sich ergießt, den Wirkungen des Stoßes selten widerstehen kann, so vertieft der Wasserstrahl den Grund so, daß derselbe hinterwärts dieselbe Neigung wie die Parabel hat, und diese gewissermaßen ihren Weg in die Tiefe weiter fortsetzt. Dies müßte ins Unendliche fortgehen, wenn nicht andere Umstände einträten, die diesen Vertiefungen bald bestimmte Grenzen setzen. Denn da die Geschw. gänzlich vernichtet ist, so muß das Wasser sich erst ansammeln, um eine Höhe zu erhalten, mit welcher es in dem untern Bette mit einer neuen Geschw. zu fließen

---

*) Anweisungen, wie dieses in den meisten Fällen geschehen kann, habe ich in meiner Anleitung zum Bau der Mahlmühlen gegeben. Hamburg bei Hoffmann und Campe 1835.

anfangen kann. Bei verhältnißmäßig gegen die Weite des untern Bettes zureichender Wassermenge, ist eine solche Höhe schnell erreicht, und jemehr dieselbe von der Höhe des Durchschnitts BE (Fig. 2.) wegnimmt, oder je größer eE wird, desto eher gleichen sich untere und obere Geschw. gegen einander aus.

Von dieser Erscheinung kann man sich nicht nur bei allen Ueberfällen, Kolken, Wehlen und solchen Ausflüssen, welche eine größere innere Höhe haben, unterrichten, sondern man kann dieselben bei einem jeden Graben, der mit Wasser gefüllt ist, unter seinen Augen vorgehen lassen, und die genannten Veränderungen der Geschw. beobachten. Denn wenn man in einem solchen Graben einen Theil des Wassers durch einen Damm aufhält und das untere Wasser ablaufen läßt, dann den Damm an seiner Oberfläche eröffnet, daß das obere Wasser in den untern Graben parabolisch fallen kann; so wird man sogleich sehen, daß zuerst die Geschw. an der *tiefsten* Stelle des Falles am größten ist, daß diese sich vermindert, so wie bei dem Aufsteigen des sich ansammelnden Wassers die Höhe des überfallenen Wassers abnimmt; daß dessen Fallgeschw. unmittelbar vor der parabolischen Linie des Strahles gänzlich vernichtet ist, und das Wasser in dem untern Graben, mit der Geschw., welche durch die größere Höhe des aufgesammelten Fallwassers über dem Boden des Grabens verursacht wird, fortfließt. Leistet dabei der Boden des Grabens mit seiner Härte und Zähigkeit keinen hinreichenden Widerstand, so wird man nach kurzer Zeit auch die Vertiefung unter demselben, welche der Stoß des fallenden Wassers gemacht hat, finden.

VI. Diese Vertiefungen können aber niemals mehr betragen, als der Unterschied zwischen dem niedrigsten Stande

der Oberfläche des Unterwassers, und der größten Höhe, welche die Oberfläche des Oberwassers erreichen kann. Denn indem der fallende Wasserstrahl die ganze Stärke seines Stoßes gegen den Grund richtet und diesen auswäscht, so contrebalancirt das hydrostatische Gegengewicht des in dem entstehenden Kolke befindlichen Wassers, und dessen durch Vermischung mit dem aufgelös'ten Erdreich des Grundes, vermehrtes specifikes Gewicht nur dann erst vollkommen, wenn die Tiefe des Kolks soweit zugenommen hat, daß sein senkrechter Durchschnitt mit seinem Druck $= \frac{1}{2} h^2$, dem parabolischen Durchschnitte des Wasserstrahles gleich geworden ist; und ehe diese Tiefe nicht erreicht worden, behält der Wasserstrahl vermöge seiner Geschw. noch Kraft gegen den Grund zu wirken. Daher kann im Gegentheile, keine Wehle tiefer ausgerissen werden, als die Höhe der Oberfläche des über einen Deich überfallenden Wasserstrahles, über der Oberfläche des Binnenlandes betragen hat; und nur selten erlangen sie diese Tiefe, weil die Zeit des Ueberfalles zu kurz ist. Wenn aber in Braaken der Fluthstrom immer wieder eintritt, so werden diese dadurch soweit vertieft, als die größte Höhe des Fluthstroms über die Ebbe beträgt.

VII. Aus dieser Betrachtung folgt eine allgemeine Regel, welche man bei Gründung solcher Bauwerke beobachten muß, die den Vertiefungen des Grundes ausgesetzt sind, da die Tiefe der Fundamente nie geringer sein darf, als die (VI.) angegebenen Aushöhlungen des Grundes betragen; und zu diesen noch hinzugerechnet werden muß, was außerdem für ihre sichere Lage, Länge der Rammpfähle ꝛc. der Localität nach, erforderlich ist.

Anmerkung. Diese Regel habe ich noch in keiner Schrift

über Wasserbaukunst gefunden, gewiß ist es aber, daß die Unkenntniß oder Vernachlässigung derselben einen großen Theil der zu allen Zeiten vorgekommenen Beschädigungen an Wasserbauwerken veranlaßt hat, theils weil man die Fundamente, auch nach den gewöhnlichen Wasserständen, nicht tief genug gelegt, theils nicht auf so hohe Wasserstände gerechnet hatte, als dennoch eintraten; wie dies mit dem Einstürzen vieler Brücken, z. B. bei Hameln, Minden ꝛc. der Fall gewesen ist. D'Aubuisson Traité d'Hydraulique macht zwar auf diesen Umstand aufmerksam, giebt aber davon keine deutliche Erklärung noch Regel.

VIII. Auf der andern Seite hat man die Natur des freifallenden Wasserstrahles oft ganz unrichtig betrachtet, da man nicht darauf sahe, daß seine Geschw. durch den Widerstand des Grundes und den hydrostatischen Gegendruck des Unterwassers vernichtet wird, wie z. B. an dem von Lecchi angeführten Ueberfall zu Fano, welcher dem untern Strome eine größere Geschw. geben sollte, dieses aber nicht leistete. Hätte man hier eine Beschleunigung erzeugen wollen, so konnte dies nur bei einem Ueberfall geschehen, wenn der parabolische Strahl unten in eine Cycloide übergegangen wäre, noch besser aber, wenn man vermittelst eines Aufzugwehres die völlige Wasserhöhe mit ihrer Geschw. benutzt hätte.

Ich habe nun noch nachzuweisen: daß die Verzögerung der Geschw. oder die Entstehung einer mittleren Geschw. in einem Strome, auch aus dynamischen Gründen so erfolgen müsse, wie wir dieselbe in der Natur wahrnehmen, und daß die Begründung einer richtigen Theorie des Laufes der Ströme nicht so entfernt liege, als viele Schriftsteller wähnen.

§. 30.

I. Da (§. 22. 1.) das Vermögen oder die Stoßkraft des durch den Durchschnitt oder die Parabel (Fig. 5.) JuE fließenden Wassers = ($\frac{2}{3}$ JuzE) = M, dem Gewichte von M = MG; (§. 29. III.) das Bett des Flusses aber, noch mit einer Wassermasse = $\frac{1}{2}$ M′ ausgefüllt ist, von welcher man sich vorstellen kann, daß sie entweder todte Masse sei, oder daß in dieselbe das Vermögen MG mitwirkend vertheilt wäre; so würde im ersten Falle:

II. Die Kraft MG, um der todten Masse $\frac{1}{2}$ M′G′ eine Geschw. von $\frac{1}{3}$ C ertheilen zu können, (mit welcher sie dem Stoße MG ausweicht,) die Hälfte ihrer eigenen Größe verwenden, um mit M′G′ ins Gleichgewicht zu kommen, und die andere Hälfte von MG mit zugehörender Geschw. würde sie verbrauchen, um M′ mit einer Geschw. = $\frac{1}{3}$ C, das ist mit ihrer eignen übrigbleibenden Geschw. in Bewegung zu versetzen. So findet sich auch hier das Parentsche Gesetz bestätigt, welches die vollkommenste Wirkung dann giebt, wenn die Geschw. des bewegten Wassers = $\frac{1}{3}$ von der absoluten Geschw. des bewegenden Wassers ist, und das sich in der Natur überall findet, wo sie Kraft und Widerstand gegen einander ausgleicht.

III. Stellt man sich aber vor, daß wegen des Zusammenhangs der Wassertheile, die bewegte Kraft MG in der ganzen Masse M + $\frac{2}{2}$ M′ vertheilt wäre, so hat man ebenfalls die Geschw. für $\frac{1}{2}$ M′ = $\frac{1}{3}$ C.

Anmerkung. Um diese Behauptung noch weiter auszuführen, glaube ich dieselbe durch ein Beispiel, besonders für den Praktiker, deutlicher machen zu müssen.

Perronet fand, daß die Seine bei der Brücke von Neuilly auf eine Länge von 1330 Toisen = 7980 Fußen,

11 Zolle Neigung hatte, und bei 3′ 10″ 6‴ = 558‴ Wassertiefe, mit der Geschw. von 2 Fuß 5 Zoll, in einer Sec. floß. (Busch Wasserbaukunst 1. B. 2. K. §. 25.)

1) Die für diese Höhe des Wasserstandes (Wassertiefe) von 3′ 10″ 6‴ = H gehörende Geschw. in 1 Secunde ist $15\frac{1}{4}$ Fuß = $\sqrt{(60 \,.\, 3' \, 10'' \, 6''')}$ = C, und daher nach dem Inhalte der Parabel = $\frac{2}{3}$. ($15\frac{1}{4}$. 3′ 10″ 6‴) die Wassermenge für eine gegebene Breite

$$= N.\ \tfrac{2}{3}.\ (15\tfrac{1}{4}\ .\ 3'\ 10''\ 6''').\ N = M.$$

Die mittlere Geschw. in der Parabel ist $\frac{2}{3}$. $15\frac{1}{4}$ = $10\frac{1}{6} = \frac{2}{3}$ C = c, und mit dieser Geschw. würde das Wasser wegfallen, wenn ihm gar kein Hinderniß im Wege stände.

2) Da aber in jedem Canale oder Flußbette, außer dieser in dem parabolischen Durchschnitte uEJ (Fig. 5.) enthaltenen Wassermenge M = cHN noch $\frac{1}{3}$ mehr, nämlich der ganze Inhalt des Rechtecks CH, also auch des Wasserkörpers CHN = (cHN + $\frac{1}{2}$ cHN) enthalten ist, und dieses, so zu sagen todte $\frac{1}{3}$. CHN mit fortbewegt werden muß, so gebraucht dazu die nur vorhandene Größe der Bewegung = $\frac{2}{3}$ C = $10\frac{1}{6}'$ wieder $\frac{2}{3} = \frac{4}{9}$ C, weil — wegen des Ausweichens der todten fortgeschobenen Masse — $\frac{1}{3}$ c = ($\frac{1}{3}$. $10\frac{1}{6}$) verloren wird, und $\frac{1}{3}$ c erforderlich ist, um sich mit der Last $\frac{CHN}{3}$ in das Gleichgewicht zu setzen, und $\frac{1}{3}$ c um in dem $\frac{1}{3}$ CHN eine Bewegung = $\frac{1}{3}$ c zu erzeugen; oder $\frac{10\frac{1}{6} \,.\, \frac{2}{3}}{2} = 3\frac{7}{18}$ = 3′ 4″ 8‴, welches die Geschw. ist, zu welcher die Bewegung vermöge der Flüssigkeit des Wassers sich ausgleicht.

3) Im horizontalen Canale findet kein Fließen des Wassers Statt, wenn nicht eine Abweichung v unter der horizontalen Oberfläche des Wassers AB vorhanden ist, und dann gehört die daher entstehende Geschw. oder Höhe = v.

Verändern sich die Umstände nicht, fließt bei A immer soviel Wasser zu, als bei B wegläuft, bleibt daher v immer gleich groß, so bleibt auch die Geschw. zwischen A und B immer gleichförmig; ein Zustand, der nur in regulirten Flußbetten vorkommt.

Der geringste Abhang des Bodens unter Jd, der das Profil bei B vergrößert, und eine Neigung der Oberfläche AB nach Ax hervorbringt, bewirkt eine Geschw., welche aber nicht von v allein, sondern von dem Vermögen des in dem parabolischen Durchschnitte uEJ enthaltenen Wassers, und dessen mittlerer Geschw. $= \frac{2}{3}$ C abhängt, und die mit ihrer dynamischen Wirkung, in der, in dem ganzen Canal enthaltenen Wassermasse, nur die mittlere Geschw. $\frac{2}{3} . \frac{C}{2}$ erzeugt.

Jeder auf eine gewisse Länge L gefundene Abhang V kömmt nur, als auf die Länge von $\frac{2}{3}$ C wirksam, in Betrachtung; oder ist nur $\frac{V \frac{2}{3} c}{L}$; und nach diesem Beispiele $V = 11''$ $L = 7980$, $\frac{2}{3} C = 10\frac{1}{6}'$;
$\frac{11'' . 10\frac{1}{6}'}{7980} . = 2 \frac{134'''}{7980}$.

Um eine Geschw. von 2′ 5″ (1.) hervorzubringen, wird eine Neigungshöhe v, von 1″ 2‴ oder 14‴ erfordert, es ist aber auf diese Länge von 2′ 5″ hier keine größere Höhe als $\frac{11' \; 2 \frac{5}{12}}{7980}$ oder $\frac{1}{15}'''$ vorhanden, also kann diese kleine Neigung der Oberfläche des Wassers, nicht Ursache von der Geschw. 2′ 5″ sein.

4) Nennt man A den Anfang, B das Ende der Strecke von 7980 Fuß, so würde zwar, wenn gar keine Hindernisse obwalteten, die Beschleunigung des Falles, bei B, die den 11 Zollen Neigung zugehörende Geschw. = 7′ 4″ 11‴ 10⁗ hervorbringen, aber eben daher müßte diese auch nach A hin abnehmen,

und bei A selbst = 0 sein. Die Geschw. ist aber bei B, so wie in der ganzen Strecke zwischen B und A, auch schon bei A, gleichförmig = 2′ 5″.

5) Daher muß eine ganz andere Ursache hierbei mitwirken, als die bloße Neigung der Oberfläche AB; und diese Ursache findet sich in den (1 und 2) erklärten Verhältnissen, da keine andern hydrodynamischen Gründe weiter vorhanden sind, und die Neigung von kaum $\frac{1}{25}$ einer Linie, die Geschw. auf 2′ 5″ Länge, nur um $1\frac{1}{2}$ Linie vermehren könnte. Hier wäre dieselbe also so klein, daß man sie kaum bemerken könnte und daher auch nicht zu beachten brauchte; in andern Fällen aber, (welche Huhnrichs von diesem durch den Namen fallenden Strom, unterscheidet) wo die Neigungshöhe die Geschw. beschleuniget, muß dieselbe zu der Wassertiefe H zu addirt werden.

6) Zwischen der (2) hydrodynamisch berechneten Geschw. 3′ 4″ 8‴
und der beobachteten 2′ 5 findet sich nun
ein Unterschied = 9″ 8‴, welcher von Nichts Anderm als von der Adhäsion an den Boden des Flußbettes herrühren kann.

Die Größe der Adhäsion wird sich bestimmen lassen, ohne daß man die physischen und chemischen Ursachen ihrer Wirkungsart zu kennen braucht, wenn man nur einen Maßstab zur Vergleichung der Gesammt-Erscheinung aufzufinden weiß, und sich nicht bloßen Namen, als Klebrigkeit (Viscosité) u. dgl. begnügt.

7) Als Wirkung einer Anziehungskraft — auch wenn dieselbe gegenseitig in gleichen oder verschiedenen Stärken sich zeigt — richtet sich die Adhäsion immer nach meßbaren Flächen. Bei dem Wasser also nach den benetzten Oberflächen anderer Körper, und jemehr Theile derselben mit dem Wasser in Berührung kommen, desto größer wird die Summe der einzelnen Anziehungen und

diese wirken im Zustande der Ruhe ungestört, und daher in ihrer größten Stärke.

8) Bei bewegtem Wasser wird eine Kraft erfordert, um die anhängenden Wassertheile von den benetzten Flächen loszureißen und dieser Theil wird der bewegenden Kraft entzogen, und vermindert die Geschwindigkeit derselben, oder er macht die Größe der Verzögerung aus, welche auf ähnliche Art wirkt, wie die Reibung bei festen Körpern, oder wie überhaupt eine vermehrte Last sonst die Geschw. der Bewegung vermindert.

9) Die Adhäsion des Wassers nimmt wie jede intensive Kraft nach den Quadraten der Entfernungen ab; sie erstreckt sich daher abnehmend von den benetzten Flächen an in die Masse desselben, und verhält sich wie die $\sqrt[2]{}$ der Wasserhöhen über den Boden des Flußbettes. Diese Abnahme der Adhäsionskraft kann daher als eine Parabel betrachtet werden, deren Abcisse die Größe der Adhäsion, und die Ordinaten die Verhältnisse der Abnahme ihrer Kraft, ausdrücken. (§. 14. IV-)

10) Hätte man nun nach genauen Erfahrungen einige Unterschiede zwischen beobachteten und nach (2) berechneten Geschwindigkeiten gefunden, so kann man dieselben eben so gebrauchen, wie man die bekannte Fallhöhe einer Sec. = 15,625 rheinl. Fuß, bei den Gesetzen des Falles zum Grunde legt.

11) Ich will annehmen, daß der (5) gefundene Unterschied 9″ 8‴ eine solche Größe der Adhäsion, oder die Verzögerung der berechneten Geschw. 3′ 4″ 8‴ sei; so erhielte man für eine andere Wasserhöhe h z. B. = 1′ 8″.

$$h = 1'\,8'' \text{ ; } C = 10'$$
$$\tfrac{2}{3}\,C = 6\tfrac{2}{3} = c$$
$$\tfrac{4}{9}\,C = 4\tfrac{4}{9} = \tfrac{2}{3}\,c = 4'\,5''\,4'''$$
$$\tfrac{4}{9}\,C.\tfrac{1}{2} = 2\tfrac{2}{9} = \tfrac{2}{6}\,c = 2'\,2''\,6''' = \tfrac{1}{3}\,c.$$

Bei verschiedenen Geschw. steht nun die Adhäsion

in den Verhältnissen der in derselben Zeit von dem Wasser bedeckten Flächen, also bei gleichen Breiten $N = n$ wie die Geschw. selbst, bei ungleichen Breiten $N >$ als n oder $n > N = \frac{4}{9} C \frac{1}{2} . N : \frac{4}{9} C . \frac{1}{2} n$.

12) Bei diesen Geschw. sind die Wassermengen $M = H . \frac{4}{9} C \frac{1}{2} N$ und $m = h . \frac{4}{9} C \frac{1}{2} . n$; und die wirklich vorhandenen Geschw. müssen, nach Abzug der Verzögerung durch Adhäsion $= x$ oder x'; $\frac{4}{9} C \frac{1}{2} - x$, oder auch $\frac{4}{9} C \frac{1}{2} - x'$ sein.

13) Es frägt sich nun, ob die (11) angenommene Bestimmung zu Vergleichung der Größen der Adhäsion führen könne, und ob dieselbe durch genaue Erfahrungen sich werde rechtfertigen lassen? da alle Schriftsteller vor dieser Bestimmung stehen geblieben sind, oder unerwiesene physicalische Gründe dabei voraussetzen. (Vide Kästners Hydrodyn. §. 236—307) und ferner, ob die bisher gebräuchlichen Geschwindigkeits-Messungen auch vorhandene Geschw., genau genug angeben können?

14) Von kleinen Geschw. bei dem Laufe des Wassers in Flüssen, ist es bekannt, daß dieselben mit zweckmäßig eingerichteten Treibern viel zuverlässiger gemessen werden, als mit jedem andern Instrumente, welches durch den Wasserstoß, und zu berechnende relative Geschw. die Größe einer vorhandenen Stromgeschw. angeben soll; weil bei langsamem Laufe des Wassers die mittlern Stromstriche nicht soviel schneller voreilen, als in geschwindern Strömen, und in den ersten die Geschw. in der ganzen Wassermasse gleichförmiger ist. (Kästner Hydrodyn. §. 266. II.)

Daher kann man bei kleinen Geschw. bis etwa 3 Fuß in 1 Sec. Treiber mit völliger Zuverlässigkeit gebrauchen.

Nächst diesen kann die Pitotsche Röhre, *) auch

*) Brünning erkennt die Gründe, auf welchen die Anwendung der Pitotschen Röhre beruhet, als richtig an, er kann aber — weil er noch Druck und Stoß mit einander confundirt — die Ursache nicht auffinden, woher die Röhre den Scheitel der Parabel nicht direct an-

bei den größten Geschw. mit Sicherheit gebraucht werden, nur hat man dabei Folgendes zu erwägen:

a) daß die aus h entspringende Geschw. C, dem Flusse nur ein Vermögen = dem Inhalte der Parabel $\frac{2}{3}$ Ch oder in diesem Beispiele (11) $\frac{2}{3}$ 10 = 6$\frac{2}{3}$ giebt, und daß dieses die ganze Kraft ist, mit welcher der Fluß nicht allein seine, in der Parabel enthaltene Wassermenge = $\frac{2}{3}$m, sondern auch noch das in dem Rechteck des Durchschnitts h . $\frac{2}{3}$ C = hc mehr enthaltene $\frac{1}{3}$ m mit fortbewegen muß, wozu er die Kraft $\frac{2}{3}$ c = $\frac{4}{9}$ C verwendet, um in dem $\frac{1}{3}$ m, wie in der ganzen Masse m eine gleichförmige Bewegung = $\frac{1}{2}$. $\frac{4}{9}$ C = $\frac{1}{2}$. $\frac{2}{3}$ c = 2′ 2″ 6‴ zu erhalten.

b) Wenn nun die Pitotsche Röhre, die zu der Geschw. von 2′ 2″ 6‴ gehörende Höhe h = 1″ oder 12‴ so anzeigt, daß nur $\frac{2}{3}$ des in derselben erhöheten Wasserstandes, schon = h sind, und also h die Kraft ist, mit welcher $\frac{1}{3}$ m fortgeschoben wird, so fragt man mit Recht nach der Ursache dieser Erscheinung, die ich so erkläre.

Gegen die stillstehende Röhre wirkt die ganze Kraft der Geschw. = $\frac{2}{3}$ C um das Steigen des Wassers in derselben = h + $\frac{1}{2}$ h hervorzubringen; gegen das ausweichende $\frac{1}{3}$ m wirken nur $\frac{4}{9}$ C, folglich müssen die Effecte (d. ist das Steigen in der Röhre), sich wie ihre Ursachen verhalten oder $\frac{2}{3}$ C : $\frac{4}{9}$ C = h + $\frac{1}{2}$ h : h.

Hiedurch wird Du Buat's Beobachtung, welche ergab, daß $\frac{2}{3}$ von der Höhe des in der Röhre gestiegenen Wassers schon die zur Geschw. von m gehörende Höhe ausmache, schon erklärt, sie wird aber völlig gerechtfertiget, wenn man noch hinzufügt:

c) Daß die Verzögerung am Boden des Flußbettes auf die Geschw. $\frac{2}{3}$ c ihren Einfluß schon gehabt hat,

---

zeigt; da doch die von ihm angeführten Michelottischen Versuche, schon auf diesen Unterschied zwischen Druck und Stoß, hätten hinführen müssen.

und daß diese daher, weder in dem $\frac{1}{3}$ m eine so große Geschw. als die berechnete $\frac{1}{2} . \frac{2}{3}$ c, noch auch in der Röhre ein Steigen auf die völlige Höhe $h + \frac{1}{2} h$ hat bewirken können. Dessen ungeachtet behalten beide, die Geschw. von m und die Höhe h einerlei Verhältniß gegen einander, da dieselbe Kraft auf beide gleich wirkt; und daher geben auch $\frac{2}{3}$ von der Höhe des Wasserstandes in der Röhre die wirklich vorhandene Geschw. des fließenden Wassers richtig an, und hiemit wäre also Du Buat's Beobachtung a priori erwiesen.

d) Nach einer Vergleichung mit (5) müssen sich die Quadrate der Geschw. $3' \, 4'' \, 8'''^2 : 2' \, 2'' \, 6'''^2 = 488'''^2 : 318'''^2$ verhalten, wie die beobachtete Verzögerung $9'' \, 8''' = 116'''$ zu $x = \frac{101124 \; . \; 116}{238144} = 49\frac{1}{4}'''$ also $x = 4'' \, 1\frac{1}{4}'''$.

Nun geben aber $\frac{2}{3}$ der hydrodyn. berechneten Höhe für die Geschw. $2' \, 2'' \, 6'''$, oder $12'''$, nur $8'''$ Höhe, und für diese gehört die Geschw. $1' \, 9'' \, 10''' \, 9''''$. Demnach ist der Unterschied zwischen der berechneten, und nach der Pitotschen Röhre gemessenen Geschw. $2' \, 2'' \, 6''' - 1' \, 9'' \, 10''' = 0' \, 4'' \, 7''' \, 3''''$, also gegen x nur um $5\frac{1}{2}$ Linie verschieden; Terronet hat aber die angegebene Geschwindigkeit von $2' \, 5''$ wahrscheinlich auf Linien-Unterschiede nicht bestimmen wollen.

e) Die Pitotsche Röhre zu ihrem Gebrauche einzurich- und sie bequem anzuwenden, ist nicht so schwer als Michelotti und Brünnings sagen, da man sie sehr wohl an einer langen, mit einer eisernen Spitze, und einem verschiebbaren rechtwinkeligten Arme versehenen Stange befestigen, und an derselben nach Erfordern höher oder tiefer stellen, mit dem Arme aber in jeder Horizontal-Richtung erhalten kann. Man bedarf auch nur einer kurzen gläsernen Röhre, da der übrige Theil aus blechernen Röhren, die sich in mehren Stücken wasserdicht zusammensetzen, und beliebig verlängern lassen, bestehen darf.

Uebrigens zeigt diese Röhre, nach Michelotti's Versuchen, fast in allen Tiefen gleiche Geschwindigkeiten an, wenn man ihre untere Oeffnung nur nicht zu nahe an den Boden des Flusses, wo die Adhäsion am stärksten wirkt, oder in die Parabel eines abstürzenden Falles bringt, in welcher ungleiche Geschw. im Verhältniß der $\sqrt[2]{}$ der Höhen sich finden.

f) In Ansehung der Erkennung der Höhenmaße, ist es nothwendig, daß die Röhre etwas von dem Maßbrete abstehe, damit die zwischen beiden vermehrte Adhäsion, den Anfangspunkt der Erhöhung über die Oberfläche nicht ungewiß mache; da sonst, weil äußere und innere Anziehung bei nicht ganz engen Röhren ziemlich gleich sind, die Höhen doch richtig gezeigt werden. Dabei müßte aber ein Zeiger, wie an Barometern angebracht werden. Besser ist es den Maßstab an der Glasröhre selbst einzuschneiden und die Linien desselben mit schwarzer Farbe deutlich sichtbar zu machen.

g) Auch die Brünning'schen Versuche bestätigen es, daß die Geschw. in verschiedenen Wassertiefen nicht viel von einander abweichen und nur nahe am Boden mehr abnehmen.

15) Eine weitere Ausführung dieses Gegenstandes gehört für ein Lehrbuch der Hydrodynamik; meine Absicht geht nur dahin, zu zeigen:

daß die wirklich vorhandenen Stromgeschwindigkeiten aus den Wassertiefen (Peilmaßen) und Neigungen der Oberflächen durch Berechnungen, völlig mit den Erfahrungen übereinstimmend gefunden werden können, wozu die synthetische Methode einen kürzeren und leichtern Weg anweiset und zu dem Ziele führt, welches die Analyse in ihren einseitigen Anwendungen, ungeachtet mehr als 100jähriger Bemühungen, nicht erreicht hat.

Dies wird auch für den Zweck dieser Schrift hinreichend sein, da beim Strom- und Uferbau, haupt-

sächlich die Kenntniß von den größtmöglichen Geschwindigkeiten, welche vorkommen können, erforderlich ist, um danach die Größe und Stärke der Werke zu proportioniren; indem die gegen größere Gewalt angelegten Werke gegen schwächere Angriffe sich unfehlbar halten werden.

16) In Flüssen mit Fluth und Ebbe, werden, wegen der beständigen Abwechselungen der Wasserhöhen, und der deßhalb immer veränderlichen Geschwindigkeiten ihres Laufs, die Geschw.-Messungen theils unnütz, theils unmöglich. Mit der hier gezeigten Berechnungsart kann man aber sehr wohl die Grenzen bestimmen, innerhalb welchen die Geschw., die man für einzelne Fälle kennen muß, liegen.

17) Den größten Nutzen sollten solche Geschw.-Messungen eigentlich bei Wasservertheilungen in mehrere Stromarme, oder bei Vereinigung mehrerer Flüsse in Einen gewähren. Es sind aber seit der Zeit, wo praktische Hydrotekten sich viel mit Messungen mit dem hydrometrischen Flügel, oder mit dem Brünning'schen Strommesser beschäftiget haben, noch keine Fälle bekannt geworden, wo durch dieselben etwas Neues ausgemacht, oder Veränderungen in Strömen auf dieselben mit überzeugender Gewißheit begründet worden wären.

Die mit den Brünning'schen und Woltmann'schen Instrumenten gemachten Messungen, sind auch noch keinesweges durch anderweitig constatirte Wassermengen als so richtig erwiesen, wie Michelotti es für seine Messungen zu thun versucht hat: denn Br. Vergleichungen der Wassermengen im unvertheilten Rhein, in der Yssel und im kleinen Rhein beweisen im Grunde Nichts, da die von ihm berechneten Summen der Wassermengen in den beiden letzten, mit der Menge im unvertheilten Rhein genau übereinstimmen können, weil alle drei mit demselben Instrumente gemessen worden, wenn auch die eigentliche Größe der Geschw.

sich weit von der Wahrheit entfernt, da Verhältnisse, die mit derselben Zahl multiplicirt oder dividirt werden, sich nicht verändern.

18) Es wäre aber leicht, beide Instrumente durch sonst bestimmte Wassermengen zu prüfen, da man häufig genug bei Mühlen solche Freiläufe findet, in welchen das Wasser über die Grundschwellen frei abfällt, so daß man an denselben die abfließenden Wassermengen leicht messen und berechnen kann, wenn man dann in dem Abflußcanale oder in dem Zuflußgraben ein schickliches Profil aussucht, und in demselben die Geschw. mißt, so sollte das Product aus derselben in das Profil mit der Wassermenge des Ausflusses übereinkommen, oder die dabei vorkommende Differenz die Größe der Adhäsion anzeigen. In dieser letzten kann aber auch noch der Fehler des Instrument enthalten sein, und dieser würde, nach Abzug des Verhältnisses der benetzten Flächen zu dem Inhalte der Wassermengen im Profil, als Rest erscheinen.

Wie groß aber die Unterschiede der Adhäsion in Flüssen und Canälen mit steilen Seitenwänden werden können? zeigt unter andern das von Br. angeführte Beispiel aus Picard's Relation de plusieurs nivellements, wonach bei einem Ausflusse aus einem See durch einen künstlichen Canal, mit 3 Fuß Wasserhöhe die Geschw. nur 1′ 8″ betrug, da doch für h = 3

$$C = 13'4''11'''10'''', \text{ also für } \frac{\frac{4}{9}C}{2} = 2'\,11''\,9\tfrac{1}{3}'''$$

hätte sein müssen. Die Verzögerung durch Adhäsion war demnach = (2′ 11″ $9\frac{1}{3}$‴ — 1′ 8″) = 1′ 3″ $9\frac{1}{3}$‴, oder fast die Hälfte der ganzen hydrodynamischen Geschwindigkeit.

Aber hier kam auch ein Vergleich mit dem Beispiele (1, 6) die Adhäsion an die Seitenwände des Canals hinzu, (da dort in dem Flusse nur allein Ad-

häsion an den Boden vorhanden war,) und diese steht im Verhältniß des Products aus Perimeter und Geschw.

So war auch nach dem obigen Beispiele (§. 22. III.) die der dortigen Höhe = 7″ zugehörende Geschw. = 6′.

Weil aber zu derselben noch die Neigung der Oberfläche = v zuaddirt werden muß, so wird h + v, (da dieselbe auf 252′ = 14′ ist) mit $\frac{14 \,.\, 6}{252'} = \frac{168'' \,.\, 6'}{252}$ = 3″ 11‴ 3⁗ zuzusetzen sein, und die ganze Höhe 10″ 11‴ 3⁗ betragen.

Zu dieser Höhe gehört die Geschw. C = 7′ 4½″
und $\frac{4}{9}$ C sind daher = 3′ 3″ 4‴
von dieser Geschw.
die beobachtete = 1′ 11″ 8‴ abgezogen,
giebt zum Unterschiede 1′ 3″ 8‴ als Verlust durch die Adhäsion; also auch hier nahe die Hälfte von der hydrodyn. Geschwindigkeit.

19) Dies wird hinreichen, um die Ueberzeugung zu bestätigen: daß die eigentliche tachogene Kraft in Flüssen und Canälen, sich nach den Wassertiefen richte, und daß alle Einflüsse anderer Umstände nur Modificationen der von den Wasserhöhen abhängenden Geschw. bewirken.

Daß aber die physikalischen Gründe nicht immer gehörig hierbei gewürdigt worden sind, zeigt unter andern die Hennertsche Theorie, welcher die Abnahme der Einwirkung der Adhäsion nach einer triangularen Scale bestimmt, und also Druck und Stoß miteinander verwechselt, da dieselbe doch offenbar von einer parabolischen Scale abhängt, bei welcher der Scheitel am Boden, die Abscisse, die Größe der Adhäsion, und die vorhandene Geschw. die größte Ordinate ist.

20) Obgleich die Ursachen der Verzögerungen der Geschw. beim Ufer- und Strombau nicht den Einfluß haben, wie bei andern Theilen der Hydrotechnik, indem man bei denselben die Geschw. meistens so zu nehmen hat,

wie sie sich vorfinden; so wird es doch zu Beurtheilung der Wassermengen oft nothwendig und nützlich, auf jene Ursachen zurück zu gehen.

Die Kenntniß derselben ist aber unentbehrlich, bei Berechnung der Profile von allen Arten von Abflußcanälen, besonders bei solchen, wo es zugleich auf gewisse Zeiten des Ablaufs, oder der Entwässerung ankommt; denn man würde leicht irren, wenn man die Abflußmengen allein nach den Ausfluß-Oeffnungen und Wasserhöhen berechnen, und nicht zugleich darauf sehen wollte, ob der Abflußcanal die Wassermengen auch mit erforderlicher Geschw. abführen könnte?

Denn wenn ein solcher Canal, aus Mangel der Capacität, Aufstau verursacht, so vermindert er dadurch die Höhe des Ausflusses, die davon abhängende Geschw. und daher auch die Wassermengen. Nach Obigem lassen sich diese Erfordernisse allein aus den Längenmaßen und Nivellements-Höhen, a priori bestimmen.

21) Wollte man sich mit obigen Berechnungen der Adhäsion aus den Unterschieden der hydrodyn. und der beobachteten Geschw. nicht begnügen; so könnte man dieselbe auch durch Versuche unmittelbar für verschiedene Materien bestimmen. Man darf nämlich nur vermittelst einer genauen Wage irgend einen Körper, der eine gerade Fläche $= f$ hat, aufhängen, denselben durch Gegengewicht thariren und ihn dann auf die Fläche eines mit Wasser gefüllten Gefäßes so herablassen, daß blos die Fläche des Körpers, und die Oberfläche des Wassers sich berühren, ohne daß der Körper selbst unter die letzte eintaucht; so wird dasjenige Gewicht, welches man in die Wagschale legen muß, um die Fläche des Körpers von der Oberfläche des Wassers loszureißen, die Größe der Adhäsion an die Fläche f von dem gegebenen Material des Körpers, anzeigen. Es wird nämlich das gefundene Gewicht G

sich zu dem Gewichte des unter der Fläche befindlichen Wassers von 1 Fuß Höhe $= 1/n\ \gamma$ (γ für das Gewicht von 1 Cubikfuß Wasser genommen) verhalten, wie die Größe der Adhäsion, zu der Fläche f.

Nähme man $f = 1\square'$, so wäre unmittelbar die Größe der Adhäsion $= G : \gamma$.

Uebrigens beweisen die Beobachtungen von Du Buat D'Aubuisson und Andern, daß die verschiedenen Materialien, woraus die Böden der Flußbette bestehen, keine bemerkbaren Unterschiede in den Größen der Adhäsion geben.

22) Alle obigen Angaben beziehen sich nur auf solche Flußstrecken, in welchen ein gewisser Beharrungsstand zu finden ist. Hingegen bei Gefällen, wo beschleunigte Geschw. in kurzen Entfernungen vernichtet werden oder wo die Tiefen immer abwechseln, oder wo durch künstliche Stauungen nur gewisse Strecken in einen gleichförmigen Beharrungsstand versetzt werden, müssen diese Umstände auch alle nur einzeln betrachtet und erwogen werden.

23) Noch ist zu erinnern: daß die oft gehegte Besorgniß, als könnte sich die Geschw. bei Durchstichen der Serpentinen, oder bei ähnlichen Canälen, auf eine nachtheilige Weise vergrößern, nach Obigem ungegründet ist, und in der That sich auch nirgends bestätiget hat.

Es sei z. B. eine Serpentine von 220 Ruthen = 3520 Fuß, in welcher das Wasser 3′ 10″ 6‴ tief wäre, die Neigung der Oberfläche auf die ganze Länge 12″, und die ursprüngliche hydrodynamische Geschw. wie (2) 3′ 4″ 8‴ = 488‴ betrüge. Diese Stromkrümmung könnte vermittelst eines Durchstichs von 50 Ruthen oder 800 Fußen abgeschnitten werden, in welchen dieselbe Wassermenge M mit gleicher Wassertiefe durchfließen sollte; so würde zwar der Weg in dem Verhältniß von 220 : 50 = 11 : 5 abgekürzt werden, aber seine Geschw. könnte sich nur

in dem Verhältniß $\frac{488}{3520} : \frac{488}{800}$ vermehren, oder die Zunahme der Neigung betrüge für die hydrodyn. Geschwindigkeit von 488‴ nur 0, 472, oder noch keine volle halbe Linie; mithin würde in dem Durchstich die Geschw. sich nur um 5 Zolle in 1 Sec. vermehren, wobei die Verzögerung durch Adhäsion noch gar nicht berechnet worden ist; diese aber mit gezählt, würde die Geschw. in der Krümmung nur 2′ 6″ 8‴, in dem Durchstiche aber 2′ 11″ 8‴ betragen; und das Wasser durch die Krümmung in 22 Min. 57″, durch den Durchstich in 4 Min. 29″ laufen.

---

§. 31.

Der Stoß eines freifallenden Wasserstrahles, oder sein Moment = P, dessen absolute Kraft = FGC = MG ist, bewirkt also den größten Effect, wenn die Geschw. des bewegten Körpers = $\frac{1}{3}$ C ist, und das Product aus dessen absolutem Widerstande = Q, in diese Geschw. = Q $\frac{1}{3}$ C oder das Moment des Widerstandes, = P wird, = MG = Q . $\frac{1}{3}$ C.

Bei kleinern Geschw. als $\frac{1}{3}$ C wird mehr an der Geschw. verloren als der stärkere Stoß gegen F einbringt; und bei größerer Geschw. von F verliert C ebenfalls, so daß das Maximum nur bei $\frac{1}{3}$ C statt findet.

Hieraus wird begreiflich, wie große Steine so leicht von dem Stoße freifallender Wasserstrahlen fortgeschoben werden, da jene noch soviel von ihrem eigenthümlichen Gewichte im Wasser verlieren. Davon nur ein Beispiel:

Ein Müller glaubte bei dem Bau einer neuen unterschlächtigen Mühle, bei welcher sich eine Freiarche befand,

die Vertiefung des Kolks durch große Steine von 6 — 8 Centner Gewicht, verhindern zu können. Die Geschw. des fallenden Wassers war etwa 21 bis 22 Fuß, daher die absolute Kraft des Stoßes gegen 1□′ der widerstehenden Steinflächen = 22 . 1□ . 65 ℔ = 1430 ℔. Da nun der Stein, wovon 1 Cubikfuß, 130 ℔ wog, davon 65 ℔ im Wasser verlor; so war der absolute Widerstand desselben nur 65 ℔, und das Wasser wirkte dagegen mit einer absoluten Ueberwucht von 21 + 65 = 1365 ℔. Die Folge war, daß alle die vorgeworfenen Steine bei der ersten Eröffnung der Arche, in einer Nacht herausgeworfen, und vor den Kolk hingelegt wurden, dieser aber seine völlige Normaltiefe (§. 29. VII.) sogleich erhielt.

§. 32.

I. In einem fließenden Wasser, welches eine mittlere Geschw. hat, ist diese schon an und für sich nicht so groß, als sie nach der Höhe ihres Gefälles sein müßte, und sie äußert sich wegen der dabei obwaltenden Ursachen (§. 22.) anders als im Falle des freien Wasserstrahls.

Es hat nämlich jede Erhöhung über die horizontale Oberfläche des Wassers, das Bestreben, mit der dieser Höhe h zugehörenden Geschw. das Gleichgewicht und den horizontalen Stand, durch eine Bewegung nach der niedrigsten Stelle, wieder herzustellen, wobei jedoch eben dieselben allgemeinen Ursachen auch diese Bewegung verzögern.

II. Da nun ferner in dem bewegten Wasser unter gleichen horizontalen Linien oder Flächen, Alles, was auf eigenthümliches Gewicht des Wassers sich bezieht, in wechselseitiger Gegenwirkung sich befindet, so hat davon auch Nichts Einfluß auf den Stoß, der von solchem Wasser ausgeübt werden könnte; und dieser kann deßhalb keine andere

Größe haben, als das Gewicht einer Wassersäule von derselben Höhe als derjenigen, welche einer vorhandenen mittleren Geschw. angehört. Dieser absolute Stoß gegen eine ruhende Fläche ist also h f G; wie dies schon durch den ersten Mariotteschen und unzählige andere Versuche längst bestätigt worden ist.

Hierbei findet also unmittelbare Vergleichung des Stoßes mit den Fallhöhen Statt, aber eben diese Uebereinstimmung hat die meisten Schriftsteller veranlaßt, dieselbe in allen andern Fällen — wo ganz andere Umstände mitwirken — finden zu wollen, und eben dadurch sind so viele unrichtige Angaben an den Tag gekommen.

III. Um die Größe eines solchen Stoßes gegen eine gegebene Fläche F zu finden, bedarf man also nur einer genauen Messung der vorhandenen mittlern Geschw. nach (§. 25.) aus welcher man h — h' berechnet, oder der Pitotschen Röhre, welche das absolute h (aber auch sonst nichts Anderes) genau angiebt; wenn man an derselben vorher das Aufsteigen an den innrrn Rändern genau untersucht, und das dafür von der Höhe h in Abschlag zu Bringende bestimmt hat.

§. 33.

I. Der schiefe Stoß des freien Wasserstrahls sowohl als wie des in seiner Masse bewegten Wassers, verhält sich gegen den senkrechten im Allgemeinen wie der Sinus des Einfallswinkels zum Sinus totus oder (Fig. 9.)

Wie EH : AB und der Stromstrich EB würde von CD unter dem gleichen Winkel FBD = EBC abgewiesen werden, unter welchem er von E nach B gekommen ist. Weil aber BF Df . . . von den mit EB parallelen Stromstrichen eD, eg noch nach BD hingebogen werden, so ist

der Verlust an der Kraft des Stoßes nicht völlig so groß, als er unter gleichen Einfallswinkeln bei festen Körpern sein würde.

II. An dem Boden des Flußbettes, und besonders in den tiefsten Stromstrichen leidet der Stoß überhaupt, also auch verhältnißmäßig der schiefe Stoß, den wenigsten Abgang, an den Seiten vermindert er sich nach dem Wurzelverhältniß der Wasserhöhen.

III. Die Wirkungen des Stoßes auf den Boden erfolgen in dem zusammengesetzten Verhältniß der Geschw. Zeiten, und der Massen, gegen die entgegenstehenden Flächen. Sie erfordern daher bei kleinen mittlern Geschw. längere Zeiten, und umgekehrt.

IV. Durch die Adhäsion werden leichte Materialien in dem sie anziehenden Wasser leicht gehoben und in Bewegung gesetzt, lockere Körper, wie Sand, zwischen welche Wasser eindringen kann, werden, wegen fehlenden Zusammenhangs, leicht von den partiellen Stößen des Wassers getroffen und fortgeführt. Cohärente zähe Materien widerstehen lange, weil an ihnen, nachdem ihre vorstehenden Rauhigkeiten sich abgeglichen haben, das Wasser wenigere Angriffspunkte findet. (Siehe §. 74.)

V. Jedes von dem Unterschiede der Höhen der Oberflächen $h - h'$ bewegte Wasser, erhält diese Bewegung nur dadurch, daß es seinen horizontalen Stand wieder herstellen will, und also vor jedem Hindernisse, z. B. einer senkrechten Wand eben so aufzusteigen strebt, wie es in communicirenden Röhren thun würde. Daher entstehen die Erhöhungen der Oberflächen an allen Ufern, gegen welche ein Stromstrich gerichtet ist, an allen Einbauen u. dgl. Auch üben diese Erhebungen einen hydrostatischen negativen Gegendruck aus.

Anmerkung. Dieses Bestreben des Wassers, seinen wagerechten Stand unter allen Verhältnissen, welche demselben hindernd entgegen treten, wieder herzustellen, giebt zugleich das einzige Mittel an, wodurch den schädlichen Wirkungen desselben in den Flüssen und gegen deren Ufer allein mit Erfolg entgegen gearbeitet werden kann.

Ebenso wie in communicirenden Röhren das Wasser sich mit der Geschw., welche dem Unterschiede der Wasserhöhen in beiden Schenkeln der Röhre angehört, seinen wagerechten Stand herstellt, (§. 12. 13.) so erhebt sich in jedem Flusse die Oberfläche des bewegten Wassers vor einem hindernden Gegenstande; und zwar geschieht dieses so:

a) daß dieselbe vor einer der Stromrichtung und gegen den Horizont senkrecht entgegen stehenden Ebene, die Höhe erreicht, welche der Stromgeschwindigkeit zugehört, das ist die Höhe der mittleren Geschw.

b) Daß bei einer, der Stromrichtung schief entgegen gesetzten, übrigens auf den Horizont senkrechten Ebene diese Erhöhung der Oberfläche des Wassers, im Verhältnisse der Sinus der Einfallswinkel der Stromstriche gegen die Ebene, abnehmen müsse.

So wird also, wenn man den Einfallswinkel φ nennt, die der Geschw. C angehörende Höhe h, bei $\varphi = R$ auch $= h$ bleiben; bei φ aber $<$ als $R = \frac{\sin.\varphi\,.\,h}{r}$ sein.

Nun vernichtete bei $\varphi = R$ der Widerstand der Ebene x nicht allein die ganze Geschw. C, sondern der von der Erhebung der Oberfläche verursachte Gegendruck gleicht auch die Bewegung $= C$ zu einem Ruhestande aus, der sich aufwärts soweit erstreckt, als die senkrechte Tiefe des Wassers $= a$ vor der Ebene x, weil $\frac{1}{2}\, a^2 . x$ die Größe des Gegendruckes ist. Weiter aufwärts gegen den Strom wirkt dieser Ruhestand noch verzögernd gegen C.

Seitwärts gegen die Richtung des Stromstrichs findet aber überall der hydrostatische Druck $\frac{1}{2}\, a^2 . x$ statt, wie

die Wände eines Gefäßes von dem darin befindlichen Wasser gedrückt werden.

Dieser Druck verhindert nicht allein die einfallenden Stromstriche, sich dem Ufer zu nähern, sondern er hebt auch die ganzen Geschw. derselben auf, welches jedoch nicht geschehen kann, wenn das Wasser längs dem Ufer abfließt, vielmehr nur in dem Falle, wenn eine Masse Wassers an dem Ufer sich im Stillstande befindet. Es kommt daher Alles darauf an, eine solche Masse Wassers an dem Ufer auf eine geschickte Art so in den Ruhestand zu versetzen, daß sie den erwähnten Gegendruck ausüben könne.

Da es schon allgemein bekannt ist, daß man dem Wasser keine zweckmäßigeren und dauerhafteren Hindernisse als Faschinenbaue entgegensetzen könne, so wird es nicht nöthig sein, in der Theorie auf das Elementare weiter zurückzugehen, sondern sogleich von den Mitteln zu reden, mit welchen dieser Zweck zu erreichen, und was dabei zu beobachten ist; besonders aber dabei diejenige Vorsicht zu empfehlen, welche die beim Gebrauche dieser Mittel möglichen Fehler entfernt hält, wovon unten weiterer Unterricht zu finden.

IV. Abschnitt.

Verhalten des Wassers in seinen Flußbetten, Ursachen des ungleichen Andrangs nach den Ufern, oder Entstehung der Serpentinen in oberen Strömen.

§. 34.

I. In einem Canale oder Flußbette, dessen Boden und Seitenwände aus einem völlig gleichförmigen Material bestehen, ist keine Veranlassung vorhanden, wodurch der Fluß des Wassers nach seiner erlangten mittlern Geschw.

(§. 22.) diese verändern, oder bei der unter diesen Umständen überall gleichen Kraft der Adhäsion (§. 17.) seine größere Geschw. nicht in der Mitte seiner Breite haben und beibehalten sollte. Die in dem Wasser befindliche subjective Kraft seiner Schwere bringt vielmehr, den in den vorigen Abschnitten erklärten Gesetzen zufolge, hier einen mit den Ufern parallelen Lauf der mittlern schnellsten Stromstriche hervor.

II. Finden sich aber in dem Boden des Flußbettes ungleichartige Materialien, wovon einige dem Stoße des Wassers (§. 32. IV.) leichter weichen können, als andere, so entstehen an den Stellen derselben größere Tiefen, mithin größere Geschw., die aber, so lange solche Lagen sich noch quer durch das ganze Flußbett in gleichen Breiten, und senkrecht auf die Richtung des Stroms erstrecken, nichts anderes, als eine Unterbrechung des Beharrungsstandes der bisherigen mittleren Geschw. hervorbringen.

III. Sobald aber die Lagen des auflöslichern Materials entweder schräg gegen die Richtung des Stromstrichs, in ungleichen Breiten, oder einer Uferseite näher als der andern liegen, so entsteht die größte Vertiefung da, wo eine solche Lage am breitesten ist, oder auch wohl, wenn in diesen Lagen selbst noch Verschiedenheit ihrer Cohäsion sich vorfindet; in den Stellen, wo diese am geringsten ist, sogar wenn diese auch nicht die breitesten Stellen der Lagen wären.

IV. Mit den auf den Vertiefungen entstandenen größern Geschwindigkeiten, zieht sich nun die mittelste größte Geschw. nach diesen Stellen hin, und daher entsteht die erste Verrückung der geschwinden Stromstriche, welche sich,

ohne diese Veranlassung, immer in der Mitte der Strombahn, von beiden Ufern gleich weit entfernt halten würden.

Anmerkung. Von der Wahrheit dieser Beobachtung habe ich mich durch eine Menge von Erfahrungen an neu gegrabenen Canälen, Mühlengraben, und an großen und kleinen Flüssen überzeugt, und ein Jeder wird zu derselben Ueberzeugung gelangen, wenn er einen neuen Graben, der nach gleichem Maas gegraben, verschiedenartiges Erdreich durchschneidet, und einiges Gefälle hat, so daß das Wasser in demselben mit einer gewissen Geschwindigkeit läuft, beobachten will. Er wird bald sehen, wie in dem anfangs ganz ebenen Boden, an den Stellen, woselbst lockere Erde befindlich ist, Vertiefungen entstehen, wie der geschwindeste, d. i. der von der Adhäsion am wenigsten verzögerte Stromstrich (§. 19.) sich immer über der größten Tiefe befindet, bei jeder Veränderung derselben sich nach ihr hinzieht, und dadurch seine anfänglichen Richtungen verändert. Indem diese nun dem einen oder dem andern Ufer sich mehr nähern, so wird dadurch nicht allein das Gleichgewicht unter den Adhäsionskräften, welche den Lauf des regelmäßigen Stromes auf beiden Seiten der Mitte GE (Fig. 3) gleichmäßig verzögern, (wenn z. B. AGEQ kleiner als GBRE wird) aufgehoben; sondern es erfolgt auch eine schiefe Richtung HQ (Fig. 4) des vorher mit beiden Ufern parallelen Stromstrichs HG, der nun auch mit seiner Stoßkraft gegen das Ufer FA, wirken kann.

V. Dies sind die einzigen Folgen, welche von der subjectiven Kraft der Schwere in den Richtungen des Laufs der Ströme verursacht werden.

Anmerkung. Wer hat aber diese einfachen Erscheinungen jemals aufmerksam beobachtet, und wer ist auf die ersten Ursachen derselben soweit zurückgegangen, daß

er auf diese, vernünftige Schlüsse hätte begründen können? Kein Einziger von allen Schriftstellern wird sich dessen rühmen dürfen; dagegen haben die Meisten sich in unnütze analytische Untersuchungen verloren, ohne vorher die physischen Ursachen hinreichend untersucht zu haben.

§. 35.

I. Es giebt aber noch viele andere Ursachen, welche durch ihre als Kräfte sich darlegenden Wirkungen, auf den Lauf und die Richtungen der Ströme Einfluß haben, und die ich deßwegen äußere Ursachen nenne, weil man sie, als für sich existirend, füglich betrachten kann, die aber doch alle sich auf die im Vorigen erklärten Gründe, subjectiv oder objectiv zurückführen lassen.

II. Kleinere einmündende Ströme (— der größere und das meiste Wasser führende Fluß, muß immer als Hauptstrom betrachtet werden —) verändern die Richtungen der Hauptströme um so mehr, je größer ihre subjective Kraft, d. h. ihr Gefälle ist, und jemehr ihr Einfallswinkel sich dem rechten Winkel nähert.

Wegen der größern Wassermenge, der erhöheten Oberfläche; nimmt die Geschw. zu, und der Hauptstrom muß sich unterhalb der Einmündung ein Profil verschaffen, welches die vereinigte Wassermasse fassen kann, und dieselbe mit einem neu erlangten Beharrungsstand, in dem erweiterten Bette fortfließen läßt.

III. Aus den verschiedenen Richtungen beider Ströme entsteht eine mittlere Richtung nach der Diagonale eines Parallelogramms, dessen kleinere Seite das Vermögen und die Richtung des kleineren Flusses, die längere Seite das Vermögen und die Richtung des Hauptstroms ausdrückt, und also mc oder MC ist. Fig. 10 sei ABDF der Haupt-

strom, seine Richtung HG iklm ein, in der Richtung hQ einmündender kleiner Fluß; für den ersten ist $gg' = MC$ für den letzten $Qg = mc$ und Qg' die Diagonale des Parallelogramms $qg'gQ$, nach welcher die vereinigten Ströme ihre Richtung nehmen müssen, welches auch in der Natur sich so findet.

IV. Diese neue Richtung geht aber schief gegen DB und muß dieses Ufer in einem Punkte E erreichen, und gegen dasselbe schiefen Stoß ausüben, mithin Vertiefung an dieser Seite verursachen, und also noch außer seiner von hg veränderten Richtung durch den subjectiven Einfluß der Tiefen (§. 34. IV.) die Wirkung desselben verstärken. Dadurch können auch in dem gleichförmigsten Grunde eines Flußbettes Veränderungen entstehen, die bei den einfachen Wirkungen der subjectiven Kraft nicht vorkommen, und eben dieses wechselseitige Zusammenwirken beider Kräfte vermehrt und beschleuniget die Uferbeschädigungen in größerm Maaß, als man sich gewöhnlich diese Sache vorstellt. *)

V. Da bei einer solchen Veränderung das Wasser $M + m$ in dem erweiterten und vertieften Flußbette unterhalb k.k' mehr und auf kürzeren Wege längs k'E seinen Raum findet, so neigt es sich auch mehr dahin, vermehrt Tiefe und Geschw. und wird nicht allein zwischen kgk,

*) Das neueste Beispiel hiervon giebt die im Hamb. unparth. Correspondent Nr. 77, 1835 enthaltene Nachricht, von der bei Ostermoor in Norderdithmarschen am 20. März geschehenen Abstürzung des Deichs an der Eider. Man hatte hier die zusammenwirkenden Ursachen nicht erwogen, und die Gefahr geringer geschätzt als sie wirklich war; wunderbarer scheint es noch zu sein: daß ungeachtet der 1835 geschehenen Arbeiten — nach den neuesten Nachrichten vom Jan. 1836 — diese Abstürzungen und der Einbruch des Wassers in die Rohrwiesen (Reeth oder Dack Niedrigungen) sich wiederholt hat!

sondern auch schon über lgH flacher; es fließt, wegen der größern Adhäsion langsamer, und daher senken sich alle von dem Flusse mitgeführten Materialien an diesen Stellen. So tragen nun auch hier die verzögerte Geschw. und die Erhöhung des Grundes gemeinschaftlich dazu bei, die schnelleren Stromstriche von dem Ufer FA zu entfernen, und die Hinneigung nach den Tiefen längs k'E zu vermehren. Auf

Auf diese Art hat Tab. III. das Material, welches der Ebbestrom am neuen Kooge bis Soestmenhusen, aus der Tiefe weggenommen, unterhalb in einer Sandbank sich abgelagert; diese Sandbank hat aber der Hauptstromtiefe eine mehr abweichende Richtung gegeben, wodurch der Zug der Oste mehr nach dem linken Ufer umgebogen worden ist. Beide Stromrichtungen haben durch ihre vereinte mittlere Richtung eine ehedem bei Cuxhafen befindlich gewesene blinde Plate, die von der Oste früher abgelegt worden war, weggenommen, und dadurch das Fahrwasser verbessert. So können zufällig Veränderungen an einem Ufer, durch Beengung der Strombahn größere Geschw. und Tiefen veranlassen, und dadurch auf unterhalb vor dem gegenüberliegenden Ufer befindliche Häger oder Sandbänke vortheilhaft einwirken. Ein solcher zufälliger Gewinn wird aber in allen Fällen gegen den auf der andern Seite verursachten Schaden, welchem jener seine Entstehung verdankt, nur gering zu achten sein.

Diese Vorstellungsart, welche allein auf die Gesetze des Falles begründet ist, erklärt alle Erscheinungen die von den Wassermengen, Geschw. und den Richtungen der Stromstriche abhängen. Man braucht dabei weder an Centrifugalkraft, noch an Bogensehnen, und noch viel weniger an andere krumme Linien zu denken, und deren Eigenschaf-

ten in die Natur hineinzutragen, wo noch keine Veranlassung ist, eine mehrfach zusammengesetzte oder eine transcendentale Wirkung anzunehmen.

Anmerkung. Obgleich das Wasser, vermöge seiner Flüssigkeit und Cohäsion, die ursprünglich geraden Richtungen der von äußern Ursachen veränderten Stromstriche, in ihren Vereinigungen oder Gegenwirkungen meist so verändert, daß solche vereinigte Bewegungen in krummen Linien erscheinen, so sind diese doch nur die Folgen der vorherigen geradlinigten Tendenz von verschieden gegen einander wirkenden Richtungen. Man kann daher in der Ausführung nicht aus den Eigenschaften gewisser krummer Linien analytisch rückwärts schließen, sondern man muß aus den erwähnten Naturgesetzen und Beobachtungen einzelner Lagen die Ursachen zu entdecken suchen, welche einfache Bewegungen in zusammengesetzte verwandeln und dabei die Erscheinungen von krummlinigten Bewegungen hervorbringen; oder man muß völlig synthetisch verfahren, um mit Entfernung der Ursachen, die nachtheiligen Wirkungen aufzuheben.

§. 36.

I. Es werden aber die Stromstriche, welche sich nach (§. 35. III.) mit einander vereinigen, und in der Richtung der Diagonale Qg′ von g′ nach E fortgehen, nach Verhältniß wie die Tiefen unter dem mittelsten Stromfaden zunehmen, langsamer oder schneller fließen, und auf dieselbe Art wie (Fig. II.) xy . xy . . . (§. 24. II. III.) die übrigen Stromstriche an sich ziehen. Daher sind diese mittleren Richtungen, welche die größte Kraft des Stromes anzeigen, der erste Gegenstand, den man bei den Strömen zu untersuchen hat, sowohl beim Strombau, um den Lauf

des Flusses, Fahrwasser u. dergl. bestimmen zu können, als beim Uferbau die Größe der annähernden Gefahr richtig zu schätzen.

II. Die bisher angeführten Ursachen wirken alle positiv nach den bereits erklärten Gesetzen der Schwere. Aber es giebt auch noch andere Umstände, welche den vorigen ähnliche Erscheinungen negativ veranlassen, und die man daher oft mit jenen positiven Wirkungen verwechselt hat.

Alle natürlichen und künstlichen Hindernisse, welche den Lauf einer Stromrichtung aufhalten, ohne dieselbe gänzlich zu vernichten, bringen in dem unaufgehaltenen Theile des Stroms durch ihren negativen Widerstand Veränderungen in der vorigen Richtung desselben hervor, ohne dabei eine rückwirkende Kraft zu äußern. Diese augenfällige Wirkungen solcher Hindernisse, welche die einfallenden Stromstriche von den Ufern theilweise ablenken, haben wohl die Aufmerksamkeit auf die Anwendung der gewöhnlichen Einbaue veranlaßt; man hat aber dabei sich nur mit den blos negativen Kräften beschäftiget, ohne zu bedenken, daß dieselben jene ersten positiven Wirkungen oft verstärken, und ohne zu ahnen, daß es auch positive Mittel geben könne, den letzten zu widerstehen.

III. Alles was von Schriftstellern von Belidor an, über Lage und Richtungen solcher Einbaue zu Beschützung der Fluß- oder Stromufer gesagt worden ist, beweiset nichts weiter, als daß dieselben gewußt haben, daß zwischen Parallellinien die senkrechte Linie die kürzeste sei; alles Uebrige, was sie über Form, Wirkung und deren Ursachen sagen, ist meist ganz unrichtig und selten nur halbwahr.

Diese Behauptung erfordert Beweis.

§. 37.

I. Wenn in Folge der Vertiefung des Grundes in einem Flußbette (§. 34. IV.), oder durch den Drang eines einmündenden Flusses (§. 35. IV. §. 36. I.) der Strom eine schräge Richtung g′E (Fig. 10.) angenommen hat, welche das Ufer DB in E erreicht, so wird derselbe unter demselben Einfallswinkel NEB = g′Ed von DB abgewiesen werden, unter welchem er eingefallen war, und dadurch eine Richtung EN nach dem andern Ufer FN erhalten.

Weil aber ein Theil der Kraft des Stromes durch den Stoß gegen E vernichtet, und die Geschw. desselben bei E durch Adhäsion vermindert wird; überdem auch die mit g′E parallelen Stromstriche q, q′ und l, l′ den abfallenden Strom EN mehr nach EB hin treiben, so kann der Rückprallwinkel NEB nicht so groß bleiben als der Einfallswinkel g′ED war; und daher wird der mittlere abgewiesene Stromstrich viel weiter von E entfernt, das andere Ufer in N erreichen, als die Länge g′E des ersten schief angreifenden Stromstrichs beträgt.

II. Man sieht leicht ein, daß aus demselben Grunde die Zurückwerfung von N unter noch kleinerm Winkel geschehen müsse, daß bei folgendem guten Terrain diese abnehmenden schiefen Richtungen mit der Adhäsion sich ausgleichen, die mittleren Stromstriche mit den Ufern wieder parallel laufen und eine solche Strombahn sich selbst reguliren könne. Dies beweisen alle geraden Strecken in natürlichen Strombetten, welche auf Krümmungen folgen.

III. Bei ganz breiten Strömen können einmündende kleine Flüsse den großen Strom nicht nach dem entgegengesetzten Ufer über treiben, und es erfolgt, wenn der letzte viel tiefer ist, und diese Tiefe dem ersten Ufer näher liegt,

das Gegentheil; indem zwar ein Theil des großen Stroms anfangs umgebeugt wird, dann aber das Uebergewicht erhält und mit demselben, jedoch immer nur in kleinen Einfallswinkeln und daher auch in bedeutender Entfernung von der Einmündung, gegen dieses Ufer sich wendet.

IV. Kleine Ströme irritiren demnach die Richtung der großen Ströme wenig, und werden hauptsächlich nur durch die größern Tiefen, welche sie im Anfange der vereinigten Richtung erzeugen, bemerklich.

V. Die schlechte Beschaffenheit des Bodens und der Ufer ist es fast allein, was die Abweichungen der Strombahnen von den geraden Richtungen verursacht, unterstützt und vermehrt.

In Gebirgsgegenden, wo die Betten der Bäche und Flüsse noch mit großen Steinen und Geschieben angefüllt sind, bedarf man gewöhnlich keiner Ufercorrectionen, oder man kann den heftigen Bewegungen der Sturzbäche auch mit eben so groben Mitteln begegnen.

Weiter hinab in den Thälern, wo die Flüsse weniger Gefälle haben, und einen langsamern Lauf annehmen, hat man zuerst Abwechselungen von zähem Letten (Thon) mit Geschieben, dann von Lehm mit Sand. Alles dies erfordert bei der geringen Breite der Ströme auch nur geringe Mittel, welche in den richtigen Lagen angebracht, viel wirken.

Erst da, wo die Flüsse und Ströme sich in Betten bewegen, deren Boden und Ufer aus Materialien bestehen, welche seit Jahrhunderten von den Flüssen aufgeschwemmt worden und die, ihrer Entstehung gemäß, leicht auflösbar sind, fängt die Hydrotechnik an Bedürfniß zu werden.

Mehr noch in der Nähe ihrer Ausflüsse in das Meer; davon unten (§. 44. ff.)

§. 38.

I. Ein jedes Hinderniß, welches einem Stromstriche entgegen steht und dessen Lauf aufhält, vermehrt, durch die damit verbundene Aufstauung, die Wirkung des Stoßes gegen den Boden, und daher sieht man, daß hinter jedem einzelnen Pfahle oder Steine eine größere Tiefe als vor demselben sich befindet, welche das seitwärs, um diese Gegenstände schneller herumfließende und hinter denselben sich wieder vereinigende Wasser, ausgehöhlt hat.

II. Steht ein größerer Gegenstand, z. B. eine Wand dem Wasser entgegen, und kann dasselbe nicht mit derselben Geschw., womit es ankommt, seitwärts ablaufen, so wirkt der aufgehaltene Stoß desselben auf den Grund vor dem Hindernisse, vertieft diesen und kann oft durch diese immer zunehmende Tiefe das Hinderniß selbst wegräumen.

Anmerkung. Diese letzte unausbleibliche Folge, ist die Hauptursache geworden, die Anwendung fester Bauwerke mehr einzuschränken, und besonders steile hölzerne Wände zu Vor- und Einbaue, gänzlich zu verbannen. In ältern Schriften über Wasserbaukunst, z. B. bei Huhnrichs, findet man diese Folgen richtig bemerkt, aber anstatt daß man das Zweckwidrige solcher Bauwerke hätte erkennen und dieselben gänzlich verwerfen sollen; so geben ihre Verfasser sich Mühe, solche Dimensionen vorzuschreiben, bei welchen der Widerstand und die nachtheiligen Folgen noch mehr zunehmen mußten. Durch ein solches starrsinniges Verharren bei einer einmal gefaßten Meinung hat Huhnrichs der Landschaft Süder-Ditmarschen einen unersetzlichen Schaden zugefügt.

III. Wenn ein Theil eines Stromes, welcher parallel mit seinen Ufern fließt, durch einen senkrecht auf den Strom-

strich stehenden steilen Einbau iB (Fig. 11) aufgehalten wird, so wird zwar sein Stoß dadurch vernichtet, allein es muß vor iB so lange eine Aufstauung entstehen, bis das vereinigte Profil Ai soviel an Tiefe gewonnen hat, daß durch dasselbe mit vermehrter Geschwindigkeit eben soviel Wasser in gleicher Zeit gehen kann, als vorher durch das ganze Profil AB lief.

Das Wasser sucht diese Tiefe sogleich zu erzeugen, indem es mit dem Drange seiner Aufstauung, vor iB keinen andern Weg auszuweichen hat, als in der Richtung Bi, nach io; hier aber mit dem Stromstrich HG vereinigt, kann dasselbe keine andere Richtung verfolgen als ik nach der Diagonale eines Parallelogramms, dessen eine Seite io die Kraft des seitwärts treibenden Wassers, ok die Kraft des Hauptstromstriches ausdrückt, und dadurch lenken sich die obern aufgehaltenen Stromstriche von v an, und noch höher hinauf allmählig in die Richtung rik; und zwischen iBr wird Stillstand erfolgen. Nach der bei k entstandenen neuen Tiefe lenken sich nun aber auch alle die Stromstriche pk, se, ql der andern Seite hin, und diese bestimmen nach ihrer Kraft = lm, mit der vorigen Kraft und Richtung ik in ihrem Fortgange kl, ein neues Parallelogramm lmnk, dessen Diagonale km, den Weg bezeichnet, welchen die vereinigten Stromstriche ik und pk nun nehmen müssen. So lange wie die Kraft von pk größer ist als ik, wird dieselbe die Richtung km nach der Seite des Einbaues hintreiben und das Ufer DB in einem Punkte E erreichen. Man sieht also, daß in einem regulären Strome ein solcher Einbau die Veranlassung zu einem Uferangriff werden kann. Nur in dem Falle, wenn beide Kräfte ei und Ae oder ik und pk einander gleich sind, wird die größte Geschw. und

Tiefe hy in der Mitte zwischen Ai sich halten, und durch gleichförmige Vertiefung des Flußbettes dem Stromprofile den erforderlichen Flächenraum zum Durchlassen der ganzen Wassermasse des Stroms verschaffen.

IV. Bei schräg gegen das Ufer DB einfallendem Stromstriche, wie tu, würde ein solcher Einbau denselben unter gleichem Winkel wuB mit dem Einfallswinkel tuw, von u nach w, und weiter von w nach v zurückwerfen. Da er aber dann in seiner Kraft schon geschwächt ist, so überwinden ihn die mit tu parallelen Stromstriche, beugen ihn um, nach ihrer eigenen Richtung, und so entstehen in dem Winkel iBw die bekannten Wirbel, welche den Grund vertiefen und oft verursachen, daß daselbst das Ufer oder der Einbau selbst einstürzt.

Uebrigens da diese umgebogenen Stromstriche keine bestimmte Richtung haben, welche tu abweisen könnte, so verfolgen die damit parallelen Striche ihre Richtung ungehindert, und gelangen mit der durch den Aufstau vor iB verstärkten Geschw. noch eher an dem Ufer BE an, oder E liegt in diesem Falle näher bei B, als in III.

§. 39.

I. An einem Einbaue, der bei B unter dem stumpfen Winkel iBD oder declinirend gegen DB läge, würden mit dieser parallele Stromstriche hg unter Winkeln iue = guB abgewiesen werden; die durch ib aufgehaltene Wassermenge beschleuniget durch ihren Aufstau die Geschw. von ue und die vereinigten Richtungen von hg und ue verfolgen, nun mit dieser größern Geschw. die Richtung der Diagonale vl. (Fig. 12.) Haben diese einmal die zum Durchgange des Wassers in der übrig bleibenden Strombreite Ai erforderliche Tiefe erzeugt, so kann in dem Fortgange lk das Ufer FN

erreicht werden. Wenn aber die Menge des zwischen Ai durchlaufenden Wassers größer ist, und die Richtungen derselben sich ebenfalls nach der Tiefe unter vk hinziehen, so wird, wie in (§. 38. III.) aus dem Verhältniß der Kräfte beider Richtungen ein neues Parallelogramm entstehen, nach dessen Diagonale der Strom wieder nach dem Ufer DE hingetrieben wird.

II. Hätte man einen solchen Einbau gegen die anfallende schiefe Richtung eines Stromes (Fig. 13.) an dem Ufer DE hingestellt, so wird die Stoßkraft desselben in größerem Maße vernichtet, die Einfalls- und Abweisungswinkel guB und iue werden größer, die Richtungen der zurückkehrenden Wasserstrahlen ue . ue sind mehr den einfallenden entgegengesetzt, aber alles dieses assimilirt sich in eine einzige Bewegung des Aufstauens, weil wegen der Flüssigkeit des Wassers diese einzelnen Bewegungen der Elemente des Wassers nicht unterschieden werden können und Alles nur in dem Resultate der Aufstauung, der größern Geschw. sich zu erkennen giebt. So gilt auch Alles, was ich hier über die Richtungen der Stromstriche gesagt habe, eigentlich nur von den mittelsten über den größten Tiefen hinziehenden Linien, worin die verschiedenen Einwirkungen sich am deutlichsten erkennen lassen, welchen die übrigen in Gemäßheit der Einwirkungen der Adhäsion folgen.

III. Die vermehrte Geschw. macht auch hier, nachdem von ue die einfallenden Striche hu theils aufgehalten, theils zur Seite gedrängt worden, daß diese, nach erlangter Freiheit, unterhalb i in der Richtung il die Tiefe vergrößern, und damit eine größere Hinneigung der übrigen Stromstriche hg nach derselben veranlassen, durch welche dann ik wieder nach dem Ufer DE hingedrängt wird.

IV. Es entsteht bei allen Einbauen dieser Art, in dem Dreieck iBE ein Ruhestand, da das Wasser in demselben zu fließen aufhört, weßhalb auch ein Theil des von dem Flusse mitgeführten Materials in diesem Winkel sich lagern, und den Werken selbst zur Stütze dienen kann. Allein da unterhalb derselben die Stromstriche an das Ufer und oft mit verstärkter Kraft wieder anfallen, welches dann, wenn das Ufer DBE schon an sich eine concave Krümmung hat, noch näher bei B geschieht, so macht ein solcher einmal angelegter Einbau, gewöhnlich Mehre nothwendig, um die von dem Ersten verursachten Nachtheile abzuhalten.

§. 40.

Ich will hier erst kürzlich die hauptsächlichsten Wahrnehmungen erzählen, welche die Erfahrung darbietet, und die jeder praktische Hydrotekt in seinen eigenen Beobachtungen bestätigt finden wird.

I. Rechtwinkeligte Einbaue (§. 38. III.) wird, unter den genannten Umständen, Niemand anlegen, weil dabei keine Uferbeschädigungen vorkommen können, und man dieselben allenfalls nur der Schifffahrt wegen, um sich dem Fahrwasser mehr zu nähern verlangen könnte; welches jedoch mit einem Stege auf Pfählen besser erreicht werden würde. Wo dieselben aber bei schräger Richtung des Stromes angelegt sind, da findet man auch die (§. 38. IV.) erwähnten Wirbel und die Vertiefungen von den Spitzen der Werke, welche in dem Verhältnisse größer werden, wie der Einbau größere Breite von dem Stromprofil abschneidet. Ist diese Breite nur gering und der Stromeinfall nur wenig von dem rechten Winkel divergirend, so werden die Tiefen unterhalb des Werkes nur mäßig zunehmen und es kann in dem Winkel ieBE, ein Ruhestand statt finden, auch Ablagerung

des Flußmaterials erfolgen. Ein solches Werk thut aber auch nur wenig Wirkung.

Sobald aber der Stromstrich schräg gegen den Einbau selbst gerichtet ist, so vertieft sich der Grund mehr, die abgewiesenen Stromfäden werden eher umgebeugt und fallen das Ufer wieder früher an, in den Winkeln iBE entstehen Wirbel und die Tiefe zieht sich so nahe an die Spitze des Einbaues heran, daß sie sinken muß, und daß man deßhalb oft nicht im Stande ist, solche Einbaue durch neue Aufhöhungen zu erhalten; Alle diese Erscheinungen zeigen sich um so merklicher, je kleiner der Halbmesser der schon vorhandenen Krümmung des Ufers ist. Hierbei aber findet man in der gewöhnlichen Ausübung der Hydrotechnik den Mangel an Umsicht aufs deutlichste dargelegt, da man, anstatt auf die ersten Gründe, welche die ersten Unregelmäßigkeiten verursacht haben, zurückzugehen, die Folgen derselben als Ursachen angesehen und gegen dieselben immer unzulängliche Mittel gebraucht hat. Z. B. entstandene Tiefen durch Senkwasen auszufüllen, und dergl. absurde Mittel mehr.

Die Hydrotekten gleichen in diesem Stücke den schlechten Aerzten, welche die Natur einer Krankheit nicht erkannt haben und an dem Patienten allerlei Mittel auf Gerathewohl probiren; wenn sie, anstatt auf die unrichtige Lage eines Werkes zu sehen, sich nur bemühen, solche Mittel anzuwenden, von deren Zweckmäßigkeit sie doch selbst keine wahre Ueberzeugung haben können.

II. Vor declinirenden Einbauen finden sich an der obern Seite derselben niemals Wirbel, weil das Wasser die Freiheit hat, mit der vermehrten Geschw. nach der Spitze des Werkes hin abzulaufen, dagegen vertieft sich der Grund schon an der obern Seite der Spitze und mit dem Umlauf

um dieselbe noch mehr, weßwegen man in den meisten Fällen Mühe hat, die Köpfe der Werke zu erhalten. Nähern sich die Declinationswinkel derselben dem rechten Winkel und halten daher die Werke eine größere Wassermasse auf, so finden sich auch von ihren untern Seiten Wirbel ein, welche das Aufschicken daselbst verhindern.

In großen Strömen, wo die Einbaue nur einen, gegen die ganze Breite, kleinen Theil abschneiden, erhalten die nicht aufgehaltenen Stromstriche stets die Ueberhand und es erfolgt unausbleiblich unterhalb derselben ein neuer Uferangriff, der durch andere Werke wiederum abgehalten werden muß.

Anmerkung. Ueber die Größen der Winkel, unter welchen solche Einbaue im Verhältniß des Einfalls der Stromstriche auf die Ufer angelegt werden mußten, wenn sie nicht mehr Nachtheil als Nutzen bringen sollen, ist noch in keiner Schrift etwas Genügendes gesagt worden. Es nimmt sich zwar auf dem Papier recht gut aus, wenn Einige angeben, die Spitzen der Einbaue sollen feste Punkte sein und in einer solchen Linie liegen als man für die Entfernung des Stroms von dem Ufer verlangt, dabei soll derselbe über diese Linie hinaus sich dem Ufer nicht nähern können, wenn sie gleich gestatten, daß derselbe zwischen je zwei solchen Punkten in Bogen sich einwärts beugen könne. Aber es ist nur schlimm, daß diese Spitzen solcher Werke unter den bisher erwähnten Umständen keine festen und unwandelbaren Punkte sein können, und daß die Kunst sie dazu zu machen, noch nicht bekannt ist, und wohl schwerlich jemals aufgefunden werden möchte.

III. Nur in kleinen schmalen Flüssen von geringen Tiefen, welche eine mittlere Wasserhöhe von 15 Fuß höchstens besitzen, können declinirende Einbaue, sowohl zur Ab-

weisung der Stromstriche von einem Ufer, als zu Dirigirung derselben, um Anhägerungen wegzuschaffen, mit Nutzen gebraucht werden. Denn in solchen Lagen kann man den Gegenmitteln, verhältnißmäßig gegen die Kraft des Stroms, ein größeres Widerstandsvermögen geben, ohne zu große Kosten dabei verwenden zu dürfen. Solche Fälle, wo die Anwendung declinirender Einbaue nützliche Resultate geliefert hatte, haben immer die Hoffnung genährt, daß auch im Großen solche Einbaue gleich gute Wirkungen erzeugen würden. Diese Erwartung ist aber nirgends erfüllt worden, weil theils die Kostbarkeit der einzelnen Werke schon an sich, noch mehr aber ihre mehrfache Wiederholung die Kräfte der Aerarien übersteigt.

Daß es aber dessen ungeachtet Mittel giebt, die Uferbeschützungen auf eine leichtere Art und völlig zweckmäßig zu bewerkstelligen, und daß die Natur uns dazu selbst anleitet, hoffe ich nun einleuchtend zeigen zu können.

§. 41.

Sowohl der freifallende Wasserstrahl, als auch das im Fließen zu einer mittlern Geschw. schon verzögerte Wasser, verliert seine ganze Geschw., wenn es gegen eine ruhende Wassermasse senkrecht anstößt, und vermöge seiner Flüssigkeit, mit derselben sich vereiniget, so weit, als die Oberfläche der letzten das bewegte Wasser horizontal abschneidet. (§. 29. V. VI. §. 22. II.) Nur mit dem über dieser Oberfläche nachbleibenden Gefälle kann das fließende Wasser fortwirken, wird aber in seinem weitern Fortgange im Verhältniß der Quadrate der Entfernungen weiter verzögert, wodurch Geschw. und Bewegung bald gänzlich aufhören, wenn nicht die zufließende Wassermenge eine Erhöhung des ruhigen Wassers hervorbringt, und dadurch das Fortfließen auf eine

längere Strecke unterhält. Man sieht dieses bei allen Einflüssen in Seen und Teiche. Die subjective Wirkung dieser von der Höhe über die Oberfläche verursachten Geschw. ist wie jeder andere Stoß am größten bei der senkrechten Richtung, und verkleinert sich bei schiefem Einfalle. Da nun der hydrostatische Gegendruck der ruhenden Wassermasse im Verhältniß ihrer Höhe immer unverändert bleibt, so ist auch ihre Gegenwirkung bei der kleinern Kraft einer schief einfallenden Richtung des bewegten Wassers, verhältnißmäßig größer, als bei dem senkrechten Einfalle.

§. 42.

I. In diesen Gegenwirkungen des ruhenden und bewegten Wassers, bietet uns die Natur selbst die Mittel dar, wodurch ihre von äußern Umständen veranlaßten widrigen Kraftäußerungen gemildert, oder gänzlich aufgehoben werden können. Wenn man nämlich eine ruhende Wassermasse so disponiren könnte, daß durch ihren Gegendruck eine andere in Bewegung befindliche Wassermenge aufgehalten, und die Kraft der letzten bis an die Oberfläche der ersten aufgehoben würde, so wäre dadurch schon der größte Theil der schädlichen Wirkung entfernt.

II. Es geschieht dieses wirklich, wenn ein Einbau iB (Fig. 14.) so, gegen das Ufer inclinirend angelegt wird, daß sein Winkel iBb spitz ist, und ib = dessen Sin. für den Halbmesser = iB ausmacht; denn, (vorausgesetzt, — daß iB dicht genug sei, um das Wasser wirklich aufzuhalten,) — es wird in dem Dreiecke iBb ein völliger Ruhestand erfolgen, der in der Breite ib mit seinem hydrostatischen Gegengewichte alle Bewegung der Stromstriche h u auffängt und bis an seine Oberfläche vernichtet.

III. In dem äußersten Stromstriche hi wird der

hydrostatische Seitendruck unter iz (Fig. 14a) sich immer nach der Tiefe unter i = h richten, und immer = $\frac{1}{2}$ h² sein, das Profil des aufgestaueten Wassers iBz oder iBoz mag eine Figur haben, welche es will; und es kommt dabei gar nicht auf die in demselben enthaltene Wassermenge, sondern allein auf die Höhe zi an.

IV. Der Stillstand des Wassers in dem Dreiecke iBb gestattet nun nicht allein, daß das von dem Flusse mitgebrachte Material, in demselben sich niederlassen und es fast horizontal ausfüllen kann, sondern es erstreckt sich die Verzögerung der von ib aufgehaltenen Stromstriche hu, hu auch noch stromaufwärts dergestalt, daß die dem Ufer nächsten Wasserfäden bis D, rechtwinkelig auf iB ihre Bewegung verlieren, und nur noch in der Richtung Di sich zu bewegen fortfahren. Dabei legt sich das Material von D nach i in der schiefen Fläche an, deren Neigung izD ist, welche aber gegen ib hin immer zunimmt, und im Maximo bei i = izr werden kann.

V. Durch den senkrechten Abstand des Einbaues ib wird nun zwar eben so wie bei jeder andern Lage senkrechter oder declinirender Werke, eine gewisse Wassermasse aufgehalten, welche durch das beengte Profil Ai mit größerer Geschwindigkeit fließen, und sich dazu eine größere Tiefe in dem Boden des Flußbettes aushöhlen müßte, allein weil sich das Flußbett unterhalb i sogleich erweitert und schon bei B seine ganze vorige Breite wieder erhält, so erfolgt auch dem gemäß eine Erniedrigung der Oberfläche, die Geschwindigkeit nimmt ab, und damit hört die Kraft auf, welche jene Vertiefungen erzeugen könnte.

Dies ist das Allgemeine der Wirkungen bei inclinirenden Einbauen, übereinstimmend mit §. 28. III. §. 29. V. VI.

Anmerkung. Eine jede ruhende Wassermasse wirkt einer bewegten mit dem hydrostatischen Gegendrucke $\frac{1}{2}$ h^2. entgegen, und da das Vermögen der bewegten Masse in einem Canale für denselben senkrechten Durchschnitt des Profils f, in welchem die letzte die ruhende Masse trifft ($\frac{2}{3}$ hC) — $\frac{1}{3}$ ist, (§. 28. III.), so bleibt von derselben nur [($\frac{2}{3}$ h. C) — $\frac{1}{3}$ C,] — $\frac{1}{2}$ h^2 übrig. Z. B. h = 4 giebt C = 15,81; $\frac{2}{3}$ C — ($\frac{1}{3}$ × $\frac{2}{3}$C) = 7,03. Die ganze Kraft, womit die bewegte Masse gegen f wirkt, ist also 7,03 . 4 . √ = 28,12 . √ . oder √ = 50 ℔ gesetzt. = 1406 ℔ für jeden senkrechten Streifen von f zu 1 Fuß breit. Diesem wirkt die ruhende Masse mit $\frac{1}{2}$ h^2 = 8; × 50 ℔ = 400 ℔ entgegen, so daß also nur 1006 ℔ übrig bleiben. Weil nun vor einem senkrechten Widerstand der die hinter f befindliche Masse im Ruhestand erhält, eine Aufstauung bis zu der Höhe, welche der Geschw. 7,03 angehört, erfolgt, so macht diese eine Reaction, welche die ganze Bewegung bis vor f vernichtet, und einen völligen Ruhestand zuwegebringt. Es erfolgt hier also dasselbe, was man in unzähligen Beispielen bestätiget findet, daß da, wo das Wasser aufgehalten wird, sich ansammelt, und an unterer Höhe zunimmt, alle Bewegung desselben am Ende aufhören muß, wenn es dieselbe Höhe erreicht hat, welche vorhin die Bewegung verursacht hatte, oder wenn es dem hydrostatischen Gesetze Genüge geleistet hat.

Dieses nun in unserm Falle vollkommen zu erreichen, ist es nothwendig, dem Widerstande eine solche Lage gegen die Richtung des bewegten Wassers zu geben, daß auch eine Durchschnittsfläche f in so passender Lage möglich wird, in welcher Action und Reaction senkrecht gegen einander wirken; ohne jedoch hier die Art dieser Fläche zu bestimmen.

Da nun keine rechtwinkelichten oder declinirenden Einbaue einen Ruhestand des bewegten Wassers hervorbringen können, sondern im Gegentheile, durch die vor ihnen

stattfindende partielle Aufstauung, die Geschwindigkeit des, um ihre Spitzen umlaufenden Wassers, vermehren, so entbehrt man bei ihnen alle Vortheile des hydrostatischen Gegendrucks an sich, und der durch die Aufstauung verursachten Reaction; und diese können also nur durch inclinirende Einbaue erlangt werden.

Weil jedoch Einbaue nur nothwendig werden, wenn die Hauptstromtiefe sich dem Ufer zu sehr nähert und die Stromstriche unter spitzen Winkeln gegen dasselbe gerichtet sind; so braucht man diesen Gegenstand auch nur unter solchen Umständen zu betrachten, und dieses wird sich am leichtesten in einigen Beispielen erläutern lassen.

Es sei Fig. 14^b = DELK der Theil eines Flußbettes, in welchem irgend eine subjectiv negative, oder eine äußere Ursache, eine Abweichung des Hauptstromstriches von der parallelen Richtung mit den Ufern und aus der Mitte, nach der Linie C.o.p hervorgebracht hat, wobei die verlängerte noch fast gerade Linie des obern Stromstrichs Ch, das Ufer DE, in dem Punkte A schneidet. Dabei gehen nun, der Erfahrung nach, die theils wegen der geringern Tiefe, theils wegen der größern Adhäsion, nach dem Ufer zu langsamern Stromstriche in den krummen Linien xy . xy . . . x″ y, x″ y nach dem Hauptstrome Cop so, daß ihre unteren Richtungen sich mehr dem Parallelismus mit demselben nähern.

Wird nun durch einen Einbau von A nach h, (oder von dem Ufer bis in die größte Tiefe unter h) das Wasser, welches vor gh ankommt, aufgehalten, so erfolgen die vorhin beschriebenen Erscheinungen: zwischen gAh entsteht Ruhe, und längs hA und gA Aufstauung, welche vereint die auffallenden Stromstriche xy oberhalb h so viel abweisen, daß sie um die Größe der Wassertiefe bei h, (aufwärts nach C) von h selbst entfernt bleiben müssen.

Indem nun zwar die Bewegung des vor gh ankommenden Wassers völlig vernichtet wird, die zwischen

DK und vorhin nm fließende Wassermenge aber dieselbe bleibt, und diese nun durch das um nh verengte Profil = mh fließen soll; so muß das letzte soviel an Tiefe gewinnen, daß es mit dem Flächengehalte des Profiles unter DK gleich werde. Doch auch diese Tiefe kann nicht sogleich erzeugt werden, weil der Boden des Flusses Widerstand leistet, und daher muß vor hm eine Aufstauung entstehen, welche eine so große Geschw. erzeugt, daß mit derselben, in einerlei Zeit, dieselbe Wassermenge laufen kann, welche vorhin durch nm floß.

Hier treten nun zwei Umstände ein, welche beide dem Zwecke des Einbaues günstig sind: 1) Die durch die Ausbreitung des Wassers zwischen Am verursachte Erniedrigung des Wasserspiegels beschleunigt nicht allein die Geschw. und es wird vor hm keine so große Aufstauung nothwendig, als wenn das Wasser unter hm in einem schmäleren Profile fließen, und deßhalb eine größere Tiefe sich verschaffen müßte. 2) Befindet sich die größte Höhe der Aufstauung vor dem beengten Profile hm nicht mehr in dieser Linie, sondern es senkt sich daselbst schon die Oberfläche und der Anfang dieser, von dem größeren Gefälle veranlaßten Senkung, erstreckt sich in der Oberfläche höher hinauf. Beide verursachen nun, daß die von beiden Ufern nach dem Hauptstromstriche convergirenden Striche xy u. x′y sich früher der parallelen Richtung mit demselben anschließen, schon oberhalb hm sich auszugleichen anfangen, und daß vermöge der Kraft der beengten Striche xy die gegenüberliegenden x′y übergedrängt, und der Hauptstrich Cop, aus seiner Richtung in die C o′ p′ gebracht wird, wonach die convergirenden Striche unterhalb hm die Richtungen x″ y″ annehmen und die Hauptstromtiefe o′ p′ sich von dem Ufer AE mehr entfernt.

Wenn der Winkel hAg größer wird als der Winkel CAg, welchen der einfallende Stromstrich CA mit der

Uferlinie gA macht, (Fig. 14c) so schneidet der Einbau Ah einen kleineren Theil von der unterhalb A sich mehr annähernden Tiefe ab; das Wasser fällt schneller um h herum, nach der längs hA niedrigern Oberfläche, und verursacht dadurch unmittelbar unter h die größte Tiefe, welche nach dem Gefälle, der Wassermenge und nach der schon vorhandenen Normaltiefe möglich ist, und die das Doppelte der letzten betragen kann. (§. 29. VI.) Denn die vor dem Durchschnitte gh, (worin sich Action des bewegten und Reaction des aufgehaltenen Wassers begegnen,) ankommenden Stromfäden, werden zwar aufgehalten, sie behalten aber einen Theil ihrer Geschw. und verbinden sich mit den nach Ch convergirenden Stromstrichen xy; daher schneidet ein unter einem größern Winkel hAg angelegtes Werk weniger von dem einfallenden Strome ab, und versetzt auch das Wasser vor gh nicht völlig in Ruhe, sondern läßt einen Theil desselben, mit wenig geschwächter Geschw. längs gh abfließen.

Dies ist eben der wichtige Umstand, welcher an der Schlange bei Priggenhause zu Brunsbüttel, zuerst ausgemittelt wurde, und welcher den Grund der praktischen Regel für die Anlage solcher Werke, ausmacht.

Die schlimmsten Fälle, und die größtmöglichen Krümmungen, welche ein Fluß erlangen kann, sind die, wenn der innere Krümmungs-Halbmesser nicht größer ist, als die Breite desselben. Wenn dann die vorher mit ihrem Ufer noch parallelen Stromstriche gegen das äußere concave Ufer der Krümmung anstoßen, so können sie mit der Uferlinie keinen größern Winkel als von 45° machen, und auch daher ist 45° das Maximum, was der Winkel eines inclinirenden Einbaues haben darf.

---

§. 43.

Der in die Augen fallende Unterschied dieser Art der Einbaue gegen alle declinirende Werke und ihre aus Erfah-

fahrungen bekannten differenten Wirkungen, müssen jeden aufmerksamen Hydrotekten schon von selbst darauf hinleiten, daß ihre Anwendung auch ein anderes Verfahren wohl erforderlich mache.

Denn da alle abweisenden Werke oberhalb am Anfange der Uferbeschädigungen angelegt zu werden pflegen, und weil dieselben unterhalb immer neue Werke nöthig machen um den Angriff des verstärkten Stroms, bald näher, bald entfernter von dem ersten Werke, von dem Ufer abzuhalten, wodurch an concaven Ufern oft ganze Systeme solcher Werke nöthig werden und die Uferbeschützung ungeheuern Kostenaufwand veranlaßt, so haben die inclinirenden Einbaue dagegen keine von den genannten Fehlern, und sie erhalten sich nicht allein für sich selbst viel leichter, sondern sie können auch viel längere Uferstrecken beschützen.

Um nun die Gegenwirkung des hydrostatischen Seitendrucks der in ihren obern Winkeln in Ruhestand versetzten Wassermassen möglichst zu benutzen, und um die Wirkung des Stromes immerfort zu schwächen, ohne ihm Gelegenheit zu geben, mit neuen Aufstauungen seine Kraft zu verstärken; so ist es nothwendig mit dieser Gegenarbeit von unten anzufangen, die Kraft desselben, die schon mit dem ersten Werke etwas decomponirt wird, immer weiter aufwärts zu vermindern und endlich — so weit es die Absicht sein kann — zu vernichten.

Dieses Verfahren ist also im Allgemeinen dem, was bisher bei Uferbeschützungen gebräuchlich gewesen und noch ist, geradezu entgegengesetzt, und leistet doch die vollkommensten Dienste ohne irgend einen Nachtheil der declinirenden Werke mit sich zu führen.

Indem nämlich das erste unterhalb, woselbst die Fol-

gen des angreifenden Stromes zuletzt bemerklich sind, angelegte inclinirende Werk den Strom abhält, ohne auf das Ufer noch weiter abwärts ferneren Angriff zu verstatten; so wirkt es aufwarts immer auf eine noch einmal so lange Strecke blos besänftigend, als bei einem declinirenden Einbaue unter gleichem Winkel der Strom schon wieder angreifend das untere Ufer erreichen würde. Dadurch ist zugleich das Ufer, soweit als diese Wirkungen sich erstrecken, gewissermaßen provisorisch geschützt, da es bei declinirenden Werken stets neuen Gefahren ausgesetzt bleibt.

Was nun die Regeln für die Anlagen dieser Werke selbst betrifft, so werde ich dieselben unten zusammenfassen, nachdem ich vorher das Erforderliche über Fluth und Ebbe werde gesagt haben.

Noch ist wegen des Verlusts des von dem angreifenden Strome weggeführten Materials (§. 35.) Verschiedenes zu bemerken. Wie dasselbe in oberen Flüssen theils als Geschiebe, theils als Sand und Schlick abgerissen, und in Anhägerungen an den convexen Ufern oder in Werdern und Inseln wieder abgelagert wird, und zum unläugbaren Kennzeichen von der Verträgung des Laufs in dem Strome dient, ist schon von andern Schriftstellern vielfältig und richtig erwähnt worden; auch weiß man, daß das auf einer Stelle entführte Material, durch seine Lagerung die Angriffe folgenden Uferstrecken auf eine schädliche Weise zuführt.

Man hat daher auf zweierlei zu achten: 1) dem Verlust am Boden und Ufer vorzubauen, und 2) die Ablagerungen so zu leiten, daß sie dem untern Ufer mehr zum Vortheile als zum Schaden gereichen. Das Erste bewirken die inclinirenden Einbaue, nach der von ihrer Wirkungsart gegebenen Erklärung. Weil aber bei denselben noch immer

wenigstens das Material fortgeführt werden würde, welches aus der neuen Tiefe des durch sie beengten Profils ausgewaschen wird; dieses, auch blos dem Strome überlassen, den untern Ufern keinen Ersatz geben könnte, so muß man dasselbe aufzufangen suchen, welches am Besten geschieht, wenn man die Verbesserung eines angegriffenen Ufers von unten anfängt. Denn außerdem, daß es nicht weise ist, einen Feind da anzugreifen, wo er seine größte Stärke concentrirt hat, hier also gleich in die größten Tiefen zu bauen, kann man mit unten (wo alle Wirkungen des Stroms schon geringer sind —) angefangenen Werken nicht allein bei geringern Mitteln die erste Wirkung erlangen, sondern auch in den Winkeln der Werke das vom Strome mitgeführte Material auffangen und damit die subjective Festigkeit derselben verstärken.

V. Abschnitt.

Von den Wirkungen der Fluth und der Ebbe in dem Strome.

§. 44.

I. Die Ebbe ist die nächste Folge von der anziehenden Kraft des Mondes gegen unsere Erde, welche sich in wirklich sichtbarer Bewegung nur in dem Wasser äußert, weil dieses vermöge seiner Flüssigkeit jener Kraft nachgiebt und folgen kann, welches aber bei der stärkern Cohäsion und Wirkung der Schwerkraft mit starren Körpern nicht geschieht.

Indem die Anziehuug des Mondes in der geraden Linie natürlich am stärksten sein muß, so ist dieselbe nicht allein nach dem verschiedenen Stande desselben gegen die

Erde veränderlich, sondern sie folgt auch genau, in Ansehung der Zeit, den Bewegungen des Mondes und ist besonders dann am stärksten, wenn die Anziehungskraft der Sonne mit ihr gleiche Richtung hat, oder zur Zeit der Neu- und Vollmonde.

Außerdem muß sie da, wo ihr keine Hindernisse entgegen stehen, oder in großen Meeren bemerklicher werden als in engen, vom Lande eingeschlossenen Theilen, daher z. B. in der Ostsee keine und im mittelländischen Meere nur unbedeutende Ebben sich finden. In tropischen Gegenden wird sie durch die aus dem Umschwung der Erde erzeugte Centrifugalkraft sehr verstärkt und erreicht dort über die Oberfläche des Meeres Erhöhungen über 60 — 70 Fuß, die sich in den Wirkungen der zurückfallenden Fluth an den Küsten von Africa und sowohl an der West- als Ostseite von Amerika, in heftigen Brandungen zeigen, so daß zur Neu- und Vollmondszeit die Schiffe gar nicht landen können; in die Flüsse aber, z. B. in den Platastrom die Fluth mit einer solchen Stärke eindringt, daß sie gegen den Fluß oft 12 bis 15 Fuß hohe Wellen macht, welche Erscheinung die Eingebornen Poravoca nennen. Die von der rückfallenden Fluth zu diesen Zeiten entstandenen Bewegungen verursachen auch bei dem stillesten Wetter eine hochgehende See und anhaltende Brandungen. An andern dem Ocean nahe gelegenen Küsten hat man dieselben Erscheinungen, nur in geringerem Maaße, doch beträgt z. B. zu St. Malo (noch vor dem Eingange des Canals) der Unterschied zwischen Fluth und Ebbe 42 Fuß, nach dem Durchgang durch den Canal, an der mit vorliegenden Sanden geschützten holländischen Westküste, 31 Zolle, und im Y bei Amsterdam nur 15 Zolle.

Hingegen am Ausflusse der Elbe und bei Brunsbüttel, wohin die Fluth, um Schottland herumgehend, ungehinderter gelangen kann, beträgt jener Unterschied schon wieder 14 Fuß, geht so abnehmend bis Hamburg wo er noch 6 bis 7 Fuß ist, und weiter in die Oberelbe, woselbst er sich endlich ganz verliert, doch ist er bei 18 Meilen von der Elbemündung noch eben so groß als bei Amsterdam.

II. Indem das Wasser dem Zuge folgt, welcher durch das Aufheben seiner Masse über seine sonstige Oberfläche verursacht worden ist, so nimmt es an den Küsten ab, erniedrigt sich, und daher folgen ihm auch die einmündenden Ströme mit vermehrter Geschwindigkeit nach.

§. 45.

Eine von der anziehenden Kraft des Mondes in seiner directen Richtung gegen dieselbe zu der danach möglich größten Höhe aufgezogene Wassermasse kann in dieser Lage oder Höhe nicht verbleiben, weil mit der täglichen Umdrehung der Erde sowohl, als wegen des eignen Fortgangs des Mondes in seiner Bahn, jene Richtung mit jedem Zeitelemente sich verändert und das Maximum der Erhebung keine Dauer hat, weßhalb die überwiegende Schwerkraft der Erde das erhobene Wasser wieder anziehet oder fallen läßt. Dieser Fall erfolgt nun aus der Mitte der Erhöhung nach beiden Seiten und müßte in gleichen Cycloiden geschehen, wenn nicht auf der westlichen Seite die Anziehungskraft des Mondes noch immer einigen Einfluß ausübte, und daher der östliche Abfall etwas stärker bliebe. So zieht nun die von Osten nach Westen fortrückende gerade Richtung der Anziehungskraft immer neue Fluthwellen auf, die in ihrem Falle regelmäßig einander nachfolgen, und je nachdem die Anziehung ungehindert wirken kann, bald größeren

bald kleineren, schnellern oder langsamern Rückfall an die Ufer des Landes, und damit das Steigen des Wassers an denselben veranlassen.

Wegen der größern Geschwindigkeit der Umdrehung der Erde und Veränderung jener Richtung der Anziehung des Mondes, erstreckt sich die jedesmalige Erhebung der Fluthwelle über eine lange und breite Basis, daher kann in engen Meeren nicht soviel Wasser nachfolgen, als die Anziehung aufzuheben im Stande wäre, und im Rückfalle kann auch überhaupt das Wasser keine wellenförmige Bewegung zeigen, sondern es verhält sich fast wie jedes andere durch Erhöhung seiner Oberfläche fließende Wasser. Was Wind und Sturm darin verändern, gehört noch nicht hierher.

Dies ist also die Fluth, deren Verhalten erst das vierte Glied in dieser Reihe ausmacht, wovon a) die Anziehung des Mondes das erste; b) die Ebbe das zweite; c) der Rückfall des aufgehobenen Wassers das dritte, und d) die Fluth, so wie sie erscheint, das vierte Glied ist.

§. 46.

I. Der Anlauf der Fluth gegen die Meeresküsten erfolgt natürlich an den am meisten vorspringenden Stellen des Landes früher, an den zurückliegenden soviel später, als Zeit dazu gehört, den längern Weg zurückzulegen. Da nun die Geschw. des Rückfalles der Fluth von der Höhe abhängt, zu welcher die erste Fluthwelle aufgehoben wurde, so muß dieselbe zur Zeit des Voll- und Neumondes (bei den Springfluthen) schneller fließen und höher am Ufer aufsteigen, welches bei stillen Wetter an steilen felsigen Küsten unter geringen Brandungen, bei flachen Ufern und Seedeichen mit sanftem Anlauf geschieht, und soweit unschädlich bleibt, als die Deiche selbst gehörige Festigkeit und Höhe haben.

II. Wenn aber mit der in 24 Stunden zweimal zurückkehrenden Fluth heftige Sturmwinde sich verbinden, welche die Wellen dem Ufer zutreiben, und den Ablauf der Ebbe aufhalten, so steigt die Fluth so viel höher, als die Kraft des Windes die Wellen über die sonstige Oberfläche des Wassers zu erheben und zu erhalten im Stande ist.

III. Anhaltende Sturmwinde können daher zur Zeit der hohen Springfluthen das Wasser nicht allein zu einer außerordentlichen Höhe auftreiben, und dasselbe in dieser Höhe, von einer Fluthzeit bis zur andern erhalten, sondern sie verursachen auch durch den starken Wellenschlag große Beschädigungen an den Deichen, welche oft den Ruin derselben herbeiführen.

Anmerkung. Dieser Gegenstand gehört zwar nur zu der Deichbau-Wissenschaft und hat wenig Beziehung auf den Strom- und Uferbau, auch hat man darüber, besonders in Brahm's Deichbaukunst, schon gute Anweisungen, denen neuere Schriftsteller — soweit sie sich auch darüber verbreitet haben — nichts Bedeutendes weiter hinzufügen konnten, ich glaubte jedoch desselben hier erwähnen zu müssen, um den nur zu häufigen Verwechselungen der Ursachen verschiedener Arten von Uferbeschädigungen, vorzubeugen. Desto wichtiger ist aber für meinen Zweck

IV. Das Verhalten der Fluthströme in den Meerengen, in den ausfließenden Strömen, großen Flüssen sowohl, wie in Außen-Tiefen, Baljen und Spranten, *) ist folgendes:

*) Fluß heißt jeder Strom, der frei oder zwischen Deichen ausläuft und in dem Ebbe- oder Fluthströme ziehen.

Außen-Tief ist der Ausgang, durch welchen das bei der Fluth

Zufolge des Naturgesetzes, daß kein Fließen des Wassers anders stattfinden kann, als wenn dasselbe auf einer Seite in seiner Oberfläche höher ist, als an einer anderen, kommen die ersten am schnellsten voranlaufenden Theile des zurückfallenden Fluthstroms, zuerst in wenig, über den ablaufenden niedrigsten Ebbestrom erhabenen Höhen an; üben gegen diesen, nach Verhältniß ihrer beiderseitigen Geschwindigkeiten Stoß aus, der sich aber unter der horizontalen Linie der niedrigsten Oberfläche von beiden, sogleich in hydrostatischen Gegendruck ausgleicht. Mit dem aber immer nachfolgenden höheren Wasserschichten rückt diese Ausgleichung weiter gegen den Ebbestrom vor, und man kann dieses Fortrücken an der Bewegung an der ganzen Oberfläche, an der sogenannten Kenterung, (Kalberung, Kälbertanz), welche stets senkrecht auf die Richtung der Ströme erscheint, deutlich bemerken. Dieses dauert jedoch nur fortschreitend so lange, als bis der Fluthstrom mit seiner größern, höheren und überwiegenden Wassermenge einen wirklichen Zug gegen den dadurch überwältigten Ebbestrom erhält. Dies erkennt man, wenn z. B. ein Schiff, welches in der Ebbe aufwärts segeln will, wegen eingetretener Ebbe vor Anker, und also an seinem Anker sammt dem Boote unterwärts desselben liegt; so wird zuerst das Boot von der Bewegung der wiederkehrenden Fluth gegen das Schiff gestoßen, weil dieses mit seinem

---

von einem Siel oder Schleuse aufgehaltene Binnenwasser, während der Ebbe zwischen Watten ausläuft.

Baljen sind größere stromähnliche Wassertiefen außerhalb der Deiche, in welchen Fluth und Ebbe ungehindert fließen, die nie gänzlich wasserleer werden, und in welche sich oft Außen-Tiefe und Spranten als kleinere ihnen ähnliche Nebenarme ergießen. Die Spranten laufen bei der Ebbe meistens ganz trocken. Priele sind größere Spranten, nebst Baljen und kleinen Spranten, alle zwischen freien Watten befindlich.

tiefer gehenden Kiele in dem unterhalb noch unbewegten Wasser festliegt, und von der kleinen Bewegung an der Oberfläche noch nicht verrückt werden kann. Wie aber der Fluthstrom an Stärke zunimmt, so wird auch dieses gedrehet und an die entgegengesetzte Seite des Ankers hingeführt, woselbst es, so lange der Anker liegen bleibt, in umgekehrter Richtung sich befindet.

V. Da wohl das Fortfließen des Ebbestroms von dem Fluthstrome verhindert, aber sein Bestreben, durch eigne obere Wasserhöhe zu fließen, nicht aufgehoben wird, und in der Tiefe des Stromes seine hydrostatische Gegenwirkung mehr oder weniger fortwähret, so kann der Fluthstrom auch keine Wirkung zu Vertiefung des Grundes ausüben. Nur da, wo der Strom in einem horizontalen Bette fließt, scheinen die beiden Ströme einander in ihrem Verhalten ähnlicher zu sein; allein auch dieses ist nur bloßer Schein, denn immer hat der Fluthstrom zuerst die Masse des Ebbewassers zu bewegen, welche, selbst als bloße todte Last angenommen, so viel Gegengewicht giebt, daß dem Fluthstrome keine Kraft zu Vertiefung des Flußbettes übrig bleibt.

VI. Der Ebbestrom hingegen verfolgt mit dem sich zurückziehenden Wasser der Fluth, einerlei Richtung und hat daher, wegen der größern vereinten Wassermenge und der größern vorliegenden Tiefe stets eine viel größere Geschwindigkeit und Kraft auf den Grund des Flußbettes zu wirken. Erwägt man hiebei ferner, daß das Zurückweichen des Fluthwassers durch äußere Umstände z. B. in der Ebbe von südöstlichen Winden beschleunigt werden kann, und daß die Geschwindigkeit der Ebbe um so mehr zunimmt, je höher die Fluth gestiegen war, so wird man die große Geschw.

der Ebbeströme und die nach hohen Fluthen eintretenden hohlen Ebben begreiflich finden. Unbegreiflicher erscheint es aber, daß die Schriftsteller dieser einfachen dynamischen Gründe gar nicht erwähnen, oder über dieselben ganz verkehrt raisonniren; etweder reichte ihre Erkenntniß nicht soweit, oder sie wußten dieselben auch nicht in einen deutlichen Zusammenhang mit den Wahrnehmungen zu bringen.

VII. Bei solchen veränderlichen Umständen, wo es so viele Verschiedenheiten in den Coefficienten geben kann, lassen sich nun zwar keine allgemeine Formeln geben, und die dazu verwendete Zeit und Mühe, welche die Vorarbeiten erfordern, würde unnütz verschwendet werden; allein man muß doch die Naturgesetze, nach welchen sich die Erscheinungen richten, und die Größen, zu welchen widrige Wirkungen an gewissen Orten steigen, genau kennen, um danach in Lage und Form richtig angeordnete Werke zu machen.

§. 47.

I. Die Lage und Beschaffenheit eines Flußbettes mag sein, wie sie will, die Ursachen der Abweichungen seiner Strombahn aus der Mittellinie des Bettes mögen von den verschiedenen Graden der Festigkeit seines Bodens, von einmündenden Strömen oder künstlichen Vorrichtungen herrühren, immer wird sich die an irgend einer bestimmten Stelle befindliche Richtung des geschwindesten Stromstrichs (der Tiefe oder des Fahrwassers) in dem Ebbestrome, aus den §. 19, 20, §. 24. II. angeführten Ursachen erklären lassen. Der niedrigsten Stelle in der Oberfläche eines Wassers muß sich das Wasser, welches eine höhere Oberfläche hat, eben sowohl zuneigen, als es auf einem festen schiefen Grunde allemal sich nach dem niedrigsten Punkte desselben hinzieht.

Daher folgt auch jeder Fluthstrom dem niedrigsten Punkte, der sich in dem ihm entgegenstehenden Stromstriche des Ebbestroms, über der größten Tiefe desselben, oder in dem Fahrwasser befindet.

Hieraus wird es auch erklärbar, wie es in einem Strome oder in einer Meerenge an einer Seite bereits fluthen kann, wenn es an der andern Seite noch ebbet; ein Umstand, den selbst Brünnings nicht zu erklären wußte.

Anmerkung. Eben so, wie ein oberer Fluß bei seinem mittleren und noch mehr bei niedrigem Wasserstande, ganz andere Uferumrisse haben kann, als bei hohem Wasser, wo er über die ersten Ufer steigt und ein weiteres Bette anfüllt, ohne noch eine wirkliche Ueberschwemmung zu machen; so kann auch ein großer Unterschied zwischen den Ufergrenzen des Wasserstandes bei Ebbe oder Fluth Statt finden, nämlich diese werden nicht mit einander parallel sein. Daß Ebbe und Fluth nur in eingeschränkten Betten einerlei Ufergrenzen haben, sonst aber hierin sehr verschieden sind, z. B. bei flachen Watten meilenweit von einander liegen, auch daß bei mit der Fluthgrenze parallelem Hauptstromstriche, auch die Ebbegrenzen mit dieser gleichlaufend zu sein pflegen, ist bekannt. Aber es ist selten gehörig beachtet worden, daß da, wo die Ausbreitung der Fluth durch hohe Ufer oder Deiche verhindert wird, besonders in dem schlimmsten Falle, wenn auch bei der Ebbe, das Wasser von dieser Grenze sich nicht mehr zurückzieht, schon eine große Störung in dem natürlichen Verhalten der Ebbe und Fluthströme, vorhanden sei. Wenn man z. B. nur einen Blick auf die Charte von dem Dithmarsischen Elbufer Tab. III. wirft, so siehet man, daß im natürlichen Verhalten, der Strom, dessen Haupttiefe oder Fahrwasser, zwischen St. Margrethen und dem Sagelshörn sich ungefähr in der Mitte seiner Breite befindet, nicht eher ruhen würde, als bis

er sich auf der rechten Seite der Haupttiefe, welche längs des neuen Koogs bis unter Sestmenhusen so nahe am Ufer liegt, wenigstens eine gleiche Breite, als die Hälfte der Breite bei St. Margrethen verschafft und dem ganzen Ufer eine gleichförmige Krümmung gegeben hätte, wobei freilich der größte Theil des neuen Koogs und der Flecken Brunsbüttel verloren werden müßte.

II. Für die Anwendung der Hydrotechnik ist es, bei der Zugrundelegung der obigen Gesetze in allen Fällen hinreichend, die vorhandenen Richtungen der Ebbe und Fluthströme und die Wassertiefen genau zu kennen, aber im Gegentheile auch viel zu wenig, wenn man glaubt, diese Kenntnisse entbehren zu können.

III. Man muß es daher als einen ausgemachten Erfahrungssatz, und als solchen für einen Grundsatz in der Theorie der Hydrotechnik annehmen:

a) Daß der Fluthstrom in seinen Hauptrichtungen beständig demselben Zuge, welchen die Ebbe hat, gerade entgegengehe, und daß, wenn der Strich des Ebbestroms bekannt ist, man über den Fluthstrom nicht weiter in Ungewißheit sich befinde.

b) Daß Wind und Sturm den Wellen über der Oberfläche wohl eine andere Richtung geben, den Zug des Fluthstromes selbst aber nicht verändern können.

Anmerkung. Gewöhnlich hält man die Bewegung der Wellen für mehr fortschreitend als sie es in der That ist, allein genauere Beobachtungen zeigen das Gegentheil; denn jeder schwimmende Körper wird durch den Rückfall der Welle fast eben so weit zurückgeführt, als er von der aufsteigenden Welle vorwärts gebracht wird. Bietet nun derselbe dem Stoße des Windes wenig oder keine

Fläche über dem Wasser dar, so kann es lange dauern, ehe ein solcher Gegenstand seine Stelle bedeutend verändert. Man hat Beispiele, daß, ungeachtet der meist herrschenden Westwinde, Sachen, die an der englischen oder schottischen Küste vermißt worden waren, erst nach 12 bis 18 Monaten an der Küste von Jütland angetrieben sind.

IV. Wenn nun nach Obigem die Kenntniß von den Richtungen der Ströme viel wichtiger für die Anwendung der Hydrotechnik ist, als die der veränderlichen Geschwindigkeiten derselben, so müssen auch die Mittel, wodurch jene genau erforscht werden können, und die zugleich die Geschw. angeben, weit brauchbarer und nützlicher sein, als diejenigen, welche nur allein die Geschw. und noch dazu oft nur relativ zeigen.

Daß dieses mit gehörig eingerichteten treibenden Körpern vollkommener zu erreichen sei, als mit allen bekannten andern Geschw.-Messern, ist schon oben gesagt worden.

§. 48.

I. Die von starken Winden erregten Wellen haben auf die Ufer der Ströme ebenfalls Einfluß, der in der Hydrotechnik wohl zu berücksichtigen ist. Nicht jene Beschädigungen, die der Wellenschlag bei hohen Fluthen an den obern Theilen der Deiche macht, und wogegen die Deichbaukunst Mittel vorschreibt; sondern die Wirkungen, welche die Watten, die Vorufer und den Deichsfuß angreifen, kommen dabei in Betrachtung.

II. Eine spiegelglatte Oberfläche eines stehenden Wassers wird, bei entstehendem Luftzuge und Winde, zuerst vermöge der Adhäsion der Luft und ihres elastischen Seitendrucks sanft gekräuselt. Dieses geschieht allemal zuerst über den größten Tiefen, wo sich das Wasser schon krause zeigt,

während es über den flachen Stellen noch spiegelt, Folge der Adhäsion des Wassers an den Grund seines Bettes.

Die kleinen Unebenheiten, bieten darauf dem Stoße des Windes kleine Flächen dar, wogegen derselbe theils adhärirend, theils treibend wirkt, und so progressiv immer höhere Wellen erhebt. Diese Erhebung steht in dem zusammengesetzten Verhältnisse der Stärken des Windes und der Wassertiefen, welchem auch der cycloidische Rückfall derselben folgt.

Starker Wind bricht die erhabene Welle an ihrer obern Spitze ab und stürzt sie über, bei schwächerm oder ganz aufhörendem Winde, können die Wellen noch lange fortbalanciren, steigen und fallen, sie werden aber an ihren Spitzen nicht mehr gebrochen, oder sie schäumen nicht mehr.

III. Weil aber aus einer Tiefe, die geringer ist als der Rückfall der Welle sich erstreckt, da die subjective Kraft des Windes die Welle zu erheben — folglich auch ihr Rückfall — derselbe bleibt, der Wind nicht soviel Wasser als aus größerer Tiefe aufheben kann; so ist zwar die Masse jeder einzelnen Welle nicht sehr groß, allein ihr Rückfall wirkt so weit auf den Grund, als die Höhe der Welle größer ist, als die Wassertiefen über demselben. Hierin hat man demnach die Ursach von den Abschälungen der Watten zu suchen, die bei schmalen Watten daher am stärksten sind.

IV. Trifft eine Welle gegen ein steileres Ufer im Aufsteigen an, so übt sie gegen dasselbe ihren Stoß aus und bricht sich selbst in Brandungen, die um so höher und heftiger sich zeigen, je größer die Höhe ist, zu welcher die Wellen daselbst erhoben werden.

§. 49.

I. Es ist übrigens bekannt, daß anhaltende Winde

das Wasser an entgegenstehenden Ufern aufstauen und von den unterm Winde liegenden entfernen, oder es daselbst niedriger machen können, und daß daher auch an Meeren und Seen, die keine Fluth und Ebbe haben, hohes Wasser und Ueberschwemmungen entstehen.

II. Aus allen diesen (§. 48.) folgt nun unwidersprechlich.

„daß bei allen Ufern und Watten das einzige gründ„liche Mittel, um die Wirkungen der Fluthströme und „des Wellenschlages unschädlich zu machen, in der „Entfernung der Tiefen von denselben bestehe; und „daß man die Haupttiefen vermittelst inclinirender Ein„baue soweit zurückzutreiben habe, daß das Watt sich „mit einer schiefen Fläche, von $\frac{1}{2}$ Fuß Abdachung auf „16 Fuß Länge bis 1 Fuß gegen 12 Fuß Länge, „nach Beschaffenheit des Erdreichs, woraus die Ufer „bestehen, von dem höchsten Punkte des benetzten „Ufers bis in die größte Tiefe hinsenken müsse.

III. Da man in vorigen Zeiten so wenig Aufmerksamkeit auf die Richtungen der Außenströme gehabt, und häufig geglaubt hat: daß man das Wasser, welches einmal unter den Deichen vermittelst der Siele durchgegangen, fernerhin sich selbst überlassen könne, so hat dasselbe oft solche Richtungen genommen, wodurch seine Ströme und die Haupttiefen sich auf andern Stellen den Deichen wieder genähert, und dieselben, oder wenigstens die vorliegenden Watten, den Abschälungen durch Wellenschlag ausgesetzt worden sind.

IV. So würde man z. B. an den Deichen von Büsum in Norderditmarschen längs Wöhrden und bis an den Mielhafen breites grünes Vorland haben erzeugen und alle Nachtheile des Wellenschlages entfernen können, wenn

man die auf dieser Strecke befindlichen Außentiefen sämmtlicher Siele früher vereiniget und in den Mielstrom in der möglich geradesten Richtung geleitet, und besonders nicht gestattet hätte, daß der Ausfluß der Waart, welcher das Wasser von den Warfer-Orts, Friedrichs-Geber-Koogs, Wöhrdener, Hemmingstedter und Barsflether-Schleusen abführt, sich auf ihre ganze Länge parallel mit dem Deiche hinzöge.

VI. Abschnitt.

Von dem praktischen Verfahren bei Anwendung der Mittel, welche Uferbeschädigungen verhindern sollen.

Nach den bisher vorgetragenen Sätzen wird man leicht einsehen, daß es eigentlich nur eine einzige Art von Werken geben kann, wodurch den Uferbeschädigungen, umgekehrt in der Weise, wie sie entstehen, zu begegnen ist; und da auch diese Werke den Strom in seinen regulären Lauf zurückversetzen, so sind sie zugleich auch die einzigen, deren man sich mit Erfolg bedienen kann, um eine Strombahn für andere Zwecke, Schifffahrt u. s. w. in Ordnung zu erhalten.

Dadurch wird diese Wissenschaft und Kunst sehr einfach, da man nun, anstatt einer Menge von schwankenden und unbestimmten Angaben für einzelne Fälle nur die nachfolgenden Vorschriften zu befolgen braucht.

Ein jeder Hydrotekt, der schon eigne Erfahrungen gemacht, oder Veranlassung gehabt hat, die Wirkungen der nach anderen Grundsätzen angelegten Werke zu untersuchen, wird sich bald von der Anwendbarkeit und dem Nutzen meiner neuen Theorie überzeugen.

§. 50.

I. Die erste Arbeit, welche allen praktischen Anlagen und jeder Anwendung der Wasserbaukunst vorangehen muß, ist die genaue Darstellung des Locals mit allen seinen eigenthümlichen Umständen, oder eine Charte, die sich über einen District soweit erstrecken muß, als man nach Obigem die Veranlassungen zu einem Uferangriffe entdecken kann. Obgleich eine solche Charte gerade nicht schön gezeichnet zu sein braucht, so muß sie doch in allen Maßen richtig sein.

II. In derselben muß ebenfalls der Zug des Hauptstromstrichs bemerkt werden, und an allen Stellen, wo ein Uferangriff zu bemerken ist, müssen Pegelungsprofile rechtwinklich auf die Uferlinie genommen und ihre Tiefenmaße in die Charte eingetragen werden.

Dabei muß es sich immer finden, daß, wenn der Zustand eines Flusses nur einige Zeit schon gleichförmig gewesen ist, die Richtungen des Stromstriches den größten Tiefen folgen, oder mit diesen übereinstimmen. Wäre dies nicht der Fall, oder fände sich in einer kleinen Strecke eine größere Tiefe, nach welcher der Stromstrich noch nicht hinzuziehen scheint, so kann man sicher sein, daß entweder die Richtung des Stromstrichs in der Charte nicht richtig angegeben sei, oder daß derselbe sich doch sehr bald der gefundenen Tiefe mit seinem Hauptzuge zuneigen werde.

III. Man kann, wenn vorher die Tiefen und ihre Entfernungen an verschiedenen Punkten gemessen worden sind, nachher durch treibende Körper probiren, ob sie auch in ihrem Flusse diese Punkte berühren, und dadurch sich von der genannten Uebereinstimmung überzeugen, da es leichter ist, die Tiefen zu messen und sie selbst in leichtern Strömen mit eingesteckten Stangen zu bezeichnen, als die krumme

Linie, welche der schwimmende Körper beschreibt, vom Ufer aus genau zu beobachten und danach in die Charte einzutragen. Denn hierbei kommt es für den Gebrauch in der Ausführung, mehr auf die Sehnen zwischen je zwei solcher Punkte, als auf die Krümmung des Bogens zwischen denselben an.

§. 51.

Ueber die statische Festigkeit der Faschinen-Einbaue ist hier in Beziehung auf vorläufige Rücksichten bei ihrer Anlage gar nichts zu bemerken, da die Erfahrung gelehrt hat, daß ihre Haltbarkeit für viel größeren Anfall in Lagen, wo sie von dem ganzen Stoße des Wassers getroffen werden, zureicht, unter allen Arten von Einbauen aber die inclinirenden am wenigsten auszuhalten haben, weil der Stoß nur gegen ihre Spitzen gerichtet ist, und von der ganzen Länge der Werke übertragen wird, der hydrostatische Druck aber auf ihren beiden Seiten sich compensirt; es kommt vielmehr Alles auf Lage und Richtung der Werke an.

§. 52.

I. Diese zu bestimmen, will ich nun zuerst obere Ströme betrachten, in welchen das Wasser ununterbrochen fließt und keine anderen Veränderungen vorkommen, als solche, die von höheren oder niedrigern Wasserständen veranlaßt werden, und die eben daher nur in größeren oder kleineren Strom-Geschwindigkeiten sich zu erkennen geben. Danach wird man schon von selbst einsehen, daß ein Werk, welches zu verschiedenen Zeiten auch verschiedenen Wasserständen ausgesetzt ist, auch nach einem gewissen mittlern Verhältnisse angelegt werden müsse, damit es der stärkern Kraft des andringenden Stromes widerstehen könne, und

für geringere Wassermengen nicht zu groß und überflüssig kostbar erscheine.

II. Die subjective Festigkeit der Faschinen-Werke ist als constant anzunehmen, weil der cubische Inhalt und ihr größeres Gewicht in demselben Verhältniß bleiben muß, worin die Wassertiefen stehen, oder weil jedes Werk einer solchen Anlage und Verbreitung seines Besticks im Grunde bedarf, daß es durch dieselbe dem Stoße des Wassers widerstehen kann. Unter allen Lagen der Werke ist also diejenige, welche den Stoß des Wassers mit seiner kleinsten Fläche auffängt, oder deren Richtung mit dem Stromstriche in gerader Linie liegt, die stärkste, und im Gegentheil die rechtwinkeligte Lage seiner Seite gegen den Einfall des Stromstrichs die schwächste.

III. Dies nach der Erfahrung vorausgesetzt, berechtigt zu der Schlußfolge, die ebenfalls durch Erfahrungen schon bestätigt worden:

1) daß man an sich, an den inclinirenden Einbauen die stärksten Werke habe;
2) daß dieselben verhältnißmäßig viel schwächer erbauet werden können, und also weniger Material und Arbeitslohn erfordern.

Der größere Vortheil besteht bei ihnen aber darin, daß man

3) weniger Werke gebraucht, als bei jeder andern Lage derselben.

VI. Es ist also nur die Bestimmung der Punkte an dem Ufer, woselbst die Werke ihren Anfang nehmen sollen, das, was noch Ueberlegung erfordert.

§. 53.

I. Es sei Tab. I. Fig. 15 q ABl, rdms ein oberer

Strom der aus einem regulären Bette qrsd, in welchem, sein mittlerer Stromstrich noch parallel mit den Ufern gehet, in die Krümmung fg AenBl eintritt. Hier werden also alle bis dahin mit qf und rd parallelen Stromstriche zwischen fe auf das Ufer schräg gerichtet sein, und besonders der mittlere stärkste Strich von c nach h, das Ufer in A angreifen. Diese sämmtlichen Stromstriche von dem Ufer abgewiesen, von den nachfolgenden wieder hinangedrängt, beschreiben nun wegen der in diesen verschiedenen Richtungen gegen einander wirkenden Bewegungen, eine krumme Linie c i k o p, die in dem mittelsten Stromstriche sich unterwärts dem Ufer immer zu nähern strebt. Weil aber dieses nur durch die Cohäsion seiner Erdtheile den Stößen der einfallenden Stromstriche widersteht, so muß es durch die stetig fortwirkende Kraft derselben angegriffen werden, und seine Krümmung sich immer vergrößern; ein Erfolg, der bei losem Erdreich schnell eintritt, bei zähem Lehm oder Thonufern sich aber länger verzögert.

II. Hier könnte man nun zwar den ersten einfallenden mittlern Stromstrich ch — den man durch die nach §. 50 gemachten Messungen schon genau kennen muß — durch ein gerade gegen ihn gerichtetes Werk Ah auffangen, mit dem in dem Winkel fAh in Ruhestand gebrachten Wasser und seinem hydrostatischen Gegendruck vor fh die zwischen fA einfallenden Stromstriche decomponiren und also fast die Hälfte von der Kraft des einfallenden Stromes wegschaffen, auch durch die vor he mit gleichem hydrost. Druck wirkende Wassermasse hAe die zwischen Ae einfallenden Stromstriche schwächen, und damit eine neue Richtung hik des mittlern Stromstrichs, nach der Diagonale gi des Parallelogramms hieg erzeugen. Auch würde man ferner den so veränderten

Stromstrich ikB durch ein ähnliches Werk bei B auffangen und auf dieselbe Weise nach der Diagonale des Parallelogramms kcln = no in die Mitte der Strombahn bei p hin verweisen können. Allein mehrere Rücksichten rathen an, das Werk bei B zuerst anzulegen:

1) Weil dasselbe in dieser Lage weniger auszuhalten hat als das bei A und daher leichter zu construiren ist.
2) Weil es den untern Theil der Krümmung provisorisch gegen nachmals entstehende Vorfälle schützt.
3) Weil es demnächst durch seine Wirkung den Zustand oberhalb verbessert und die Anlage des Werkes bei A erleichtert.
4) Weil es das Wegtreiben des Materials verhindert.

III. Dazu muß man aber vorher nach den Charten und Tiefenmessungen die Richtung cA genau bestimmt haben, um die Parallelogramme construiren und die Stelle des Werkes bei B im Voraus angeben zu können.

§. 54.

I. Man sieht aus der Zeichnung, daß man um die Länge des Werkes bei A oder B zu bestimmen fg = ge nehmen müsse, wonach der Durchschnitt von fe mit cA die Spitze des Werks bei h ergiebt; ebenso nl = nt giebt im Durchschnitte von H mit gB die Spitze k. Doch treten dabei noch andere Rücksichten ein.

II. Denn weil ein jedes Werk, welches mit hydrostatischem Gegendruck wirken soll, bis zu der größten Tiefe des einfallenden Stromstriches sich erstrecken muß, so würde seine Länge Ah dann = o sein, wenn das Ufer bei A senkrecht abgebrochen, oder wohl gar unterwühlet wäre, welches bei Thonufern häufig der Fall ist. Nun liegt die nahe größte Tiefe selten schon in A, sondern erst zwischen

e und f, das ist da, wo die zwischen A und e andrängenden] Stromstriche cA, de die von dem Ufer fA reflectirten Stromfäden an das Ufer treiben, oder überhaupt befindet sich die größte Tiefe in der Mitte der Krümmung, auch am nächsten bei dem concaven Ufer.

III. Damit nun ein in A anzulegendes Werk in dem ersten Falle eine Wassermasse aufhalten könne, welche jenen hydrostatischen Druck ausübt, so muß die Länge des Werkes von A nach h wenigstens der vorhandenen Tiefe gleich sein, weil ein Faschinenwerk, welches unter dem Angriffe liegt, eine Böschung von 45° an seinen Wasserseiten haben muß. Aber auch dieses würde nicht vollständig wirken, wenn die senkrechte Tiefe nicht unter A wäre. Daher, und um zugleich eine größere Wirkung hervorzubringen, darf man es als Regel annehmen, daß

„die Länge eines solchen Werks in seiner Krone „der größten Wassertiefe gleich sein müsse; denn als„dann wird dasselbe gute Wirkung thun, wenn „auch seine Dossirung an der Spitze nicht vollkom„men zu Stande gebracht worden wäre."

IV. In dem zweiten Falle, wo die größten nahen Tiefen weiter unterhalb liegen, spricht für die zuerst bei B zu machende Anlage eines solchen Werks, außer den (§. 53. II.) angeführten Gründen, besonders der Umstand: daß durch dasselbe, die nachtheiligen Wirkungen des Angriffs an dem Ufer zwischen A und B gemildert werden.

V. Wenn aber die größte Tiefe = hx (Tab. I. Fig. 16) noch wenigstens so weit von A entfernt wäre, als hx (oder Ah = hx), so würde, weil der hydrostatische Seitendruck von hx = $\frac{1}{2}$ hx² ist, der Fuß des Werks von x bis y oder um xy = hx hinauszurücken sein, damit bei

h die volle Höhe = hx des Werkes vorhanden sei, von welcher die Böschung hy abfällt.

§. 55.

Construction der inclinirenden Einbaue in oberen Flüssen.

I. Die Construction der inclinirenden Einbaue kann in obern Flüssen, mit den gewöhnlichen Mitteln, womit man Stackwerke (Schlengen, Buhren, Schlachten, Kribben oder wie sie sonst genannt werden) erbauet, leichter zu Stande gebracht werden, als an allen diesen Werken, welche andere Lagen gegen die Stromstriche haben. Denn da man dabei die Faschinen gegen den Strom in gerader Richtung auslegt, so hat derselbe keine Veranlassung dieselben seitwärts umzubiegen oder gar abzureißen und wegzuführen, welches bei allen declinirenden Werken, besonders den Rechtwinkeligten, so häufig geschieht; vielmehr treibt er dieselben mehr gegen das Land und ihre Befestigung an.

II. Sollte man auch eine Ueberwucht des Stromstrichs in einzelnen Fällen zu besorgen haben, so lassen sich die Faschinen-Lagen vor ihrer Versenkung und völligen Befestigung, durch interimistisch von h nach g angebrachte Taue, dagegen gut erhalten.

III. Es darf hier nicht meine Absicht sein, über das praktische Verfahren bei Verfertigung der Faschinenbaue Vorschriften zu ertheilen, da ein jeder Hydrotekt dieselbe als sein Handwerk kennen muß, sondern ich habe nur einige Bemerkungen über die Wahl unter verschiedenen Methoden hier beizubringen.

IV. Ueber die Höhe, welche das Werk erhalten soll, muß man im Voraus gewiß sein. Es ist am besten, dasselbe auf die mittlere Wasserhöhe anzulegen, weil es dann

nicht so oft trocken werden kann und schon dadurch sich länger erhält, und weil bei dem hohen Wasser des Eisganges, dieses freier über hin gehet, ohne es zu beschädigen. Die Erfahrung zeigt nämlich, daß auch solche hohe Fluthen, welche aus den gewöhnlichen Flußbetten austreten und in den Niedrigungen oft ganz andere Richtungen verfolgen, niedrige Werke an den eigentlichen Stromufern, meistens unbeschädigt liegen lassen. Dieses findet bei inclinirenden Einbauen, wegen des gleichern Drucks an ihren beiden Seiten, noch vollkommener Statt.

V. Das anzulegende Werk muß an dem Ufer sicher verwahrt und deßhalb die erste Faschinenlage um so tiefer eingegraben und gelegt werden, je größer die Tiefe ist und je näher sie sich an dem Ufer befindet.

VI. Da die gute Wirkung eines Werkes, außer seiner richtigen Lage auf den Stromstrich, hauptsächlich von seiner guten Form abhängt, so muß man, um diese mit Sicherheit zu Stande bringen zu können, die ganze Form desselben in einem Grundrisse und Profile auf einem ebenen Platze ausstecken, wonach man den Arbeitern die einzelnen Maße jeder Faschinenlage, in natürlicher Größe ertheilen kann.

VII. Alle Faschinenlagen müssen auf den Grund oder auf ihre schon vorher versenkten Unterlagen genau anschließen, dazu hinlänglich mit dem besten und schwersten Füllmaterial, welches in der Gegend zu haben ist, beschweret, und damit dieses geschehen könne, mit Querwürsten gehörig verbunden und mit Zäunen, welche das Füllmaterial in seiner Lage erhalten, versehen werden.

VIII. Da an sehr steilen Ufern die nach der gewöhnlichen Art versenkten Faschinen eine zu steile Lage er-

halten, welche nicht die erforderliche Festigkeit des Zusammenhanges gewährt, so kann man bei diesen Einbauen, um die ersten Lagen in der Tiefe zu bilden, ganze, vorher verbundene Senklagen (nach der unten (§. 58.) beschriebenen Art, welche in niederen Strömen gebräuchlich ist) anwenden.

IX. Diese Methode hat bisher bei den gewöhnlichen Einbauen in obern Strömen noch nicht gebraucht werden können, weil bei allen der Stromzug zu viele Schwierigkeiten in den Weg legt, die in niedern Strömen, während des Wasserstillstands zwischen hoher Fluth und eintretender Ebbe nicht vorhanden sind; bei inclinirenden Einbauen kann sie aber mit Nutzen angewendet werden, weil diese Senklagen sich vermittelst der Taue vom Lande aus in ihren Richtungen vollkommen erhalten und an ihre bestimmten Stellen versenken lassen. Es ist dies daher noch ein Vorzug mehr, den diese Einbaue vor allen andern Arten besitzen und der unter gewissen Umständen ihre Anlage erleichtern und die Kosten derselben vermindern kann.

§. 56.

I. Außer den Umständen, worauf man zu Entdeckung der Ursachen von den Stromangriffen und Uferbeschädigungen zu sehen hat und den Vorbauungsmitteln, muß man aber zugleich auch auf die möglichen Folgen sehen, welche durch eine Veränderung in der Strombahn überhaupt, besonders aber durch Einbaue veranlaßt werden können, (da diese alle voraus zu bestimmen sind,) damit man nicht auf einer andern Stelle ein eben so großes Uebel erzeuge als man auf der Einen weggeschafft hat.

II. Die erste Folge einer jeden, auf irgend eine Art beschränkenden Veränderung in einer Strombahn, ist stets eine Vergrößerung der Tiefe, durch welche das Wasser den

verlorenen Raum-Inhalt seines Profiles, sich wieder zu verschaffen sucht.

Da jedoch dies nur geschiehet, wenn das Material daselbst von dem Flusse auch weggeführt werden kann, so können daher verschiedene Zustände entstehen. Entweder höhlt sich im nachgebenden Grunde der Fluß sein Bette bis zu der nöthigen Tiefe in der neuen Stromrichtung aus, oder wenn er an der Beschaffenheit des Grundes ein neues Hinderniß finden sollte, sucht er sich seine Tiefe auf einer oder der andern, zuweilen an beiden Seiten desselben, und danach kann seine neue Richtung nach einer Seite hin, sich verändern oder theilen.

III. Das von dem Flusse ausgehobene Material lagert sich nun sobald als der Strom nicht mehr Geschwindigkeit genug besitzt, um es fortführen zu können, (und weil unterhalb jeder Tiefe durch den hydrostatischen Druck der vorliegenden Wassermasse die Geschw. verzögert wird) so erfolgt dies sehr nahe hinter der entstandenen Tiefe. §. 29. 30. Indem nämlich der, durch den Einfall in die größere Tiefe beschleunigte Strom hinter derselben den Widerstand der Wasserhöhe findet, vermindert sich seine Geschwindigkeit und da zugleich von dem niederfallenden Material das untere Bett erhöhet — also die Wassertiefe gegen oben vermindert wird, so bleibt dem Flußbette, oder der Wassermasse nichts Anderes übrig, als ihren Raum in Verbreitung ihrer Bahn zu suchen, weil ihre Kraft nun zu schwach geworden ist, dies durch Vertiefung des Grundes zunächst zu bewerkstelligen.

IV. Daraus entstehen nun für die Strombahn die nachtheiligen Anhägerungen an einer Seite allein, oder abwechselnd bald an einem bald an dem andern Ufer oder in ihrer Mitte, welche dann die Theilungen in mehrere Strom-

arme zur Folge haben. Dergleichen Unregelmäßigkeiten soll aber der Hydrotekt zu verhindern wissen und eine Stromstrecke, die unterhalb einer mit Einbauen verbesserten Stromkrümme, vielleicht neuen Beschädigungen ausgesetzt wäre, dergestalt reguliren können, daß der Strom genöthigt wird, das aus oberen verlegten Tiefen-Zügen ausgearbeitete Material, an seinen beiden Ufern gleichförmig zu vertheilen und danach seine Haupttiefe in der Mitte zwischen den gegenüberstehenden Ufern und den Stromstrich mit denselben gleichlaufend zu erhalten.

V. Wenn es daher noch nicht thunlich gewesen wäre, wegen der noch zu krummen Strombahn (Fig. 15.) mit dem letzten Werke bei B die Richtung np in parallele Lage mit den folgenden Ufern zu bringen, wenn nämlich p sich noch immer dem Ufer lu näherte, so muß man denselben, wo er dasselbe erreichen würde, noch mit einem neuen Werke auffangen, welches aber daselbst schon viel kleiner und in allen seinen Theilen schwächer wird angelegt werden können, weil der Strom an seiner Stelle weniger Tiefe und Gewalt hat.

VI. Man muß sich aber hüten bei Verbesserung eines Ufers, p weiter als über die Mitte der Strombahn oder in eine Richtung gegen das andere Ufer zu versetzen, sondern in allen Fällen mit der Sicherstellung des angegriffenen Ufers sich begnügen. Denn obgleich in stark serpentirenden Strömen der Angriff sich abwechselnd von einem Ufer zu dem andern wendet, so muß doch meist jedes beschädigte Ufer für sich behandelt werden, theils weil die im Besitz befindlichen Eigenthümer selten eine größere Veränderung der Ufergrenzen gestatten, theils weil Verbesserungen ganzer Stromstrecken vermittelst Durchstichen im Großen nicht ausführbar sind, wenn die letzten irgend eine bedeutende Länge

haben müssen, im Kleinen aber die Kosten von dem Nutzen oft nicht aufgewogen werden.

Die Hülfe der Hydrotechnik zu bloßer Uferbeschützung wird also immer erforderlich bleiben, und dazu müssen die leichtesten, sichersten und wohlfeilsten Mittel die willkommensten sein.

§. 57.

Das bisher über Theorie und Ausführung der inclinirenden Einbaue Gesagte, wird nun wohl zu der Ueberzeugung führen, daß dieselben das einzige Mittel sind, wodurch Uferangriffe unschädlich gemacht und ohne andere nachtheilige Folgen abgewendet werden können. Daraus muß aber zugleich folgen, daß alle andern Werke, als Treibbuhnen, Flügel und dergl., deren Construction und Lage nicht genau nach hydrodynamischen Gründen angeordnet ist, oder Packwerke, Uferbedeckungen u. s. w. die nur einzelne Uferstellen in sich haltbarer zu machen dienen und die auf Stromrichtung und weiteren Uferangriff nicht wirken, als unwirksame und oft schädliche Mittel, deren Effect niemals mit den Kosten ihrer Anlage in gutem Verhältniß stehet, verworfen werden müssen.

Vergleicht man insbesondere die Kosten der Packwerke mit ihrem geringen Nutzen, so muß die Hydrotechnik als eine verhaßte Kunst, vor welcher Jeder sich zu hüten hätte, erscheinen. Ich kenne Fluß-Deiche, an welchen man viele hundert Ruthen Packwerke unterhält, die mit dem zehnten Theile der dazu erforderlichen Materialien vermittelst inclinirender Einbaue geschützt und denen ein sanft abgeflächtes Ufer und Entfernung der Stromtiefe hätte gegeben werden können. Dadurch würde man bald ein so sicheres Vorufer erhalten haben, daß wenn die Einbaue nach und nach ver-

längert würden, der Deichsfuß völlig aufs Trockne käme und bei geringer Reparation der obersten Buschlagen an denselben man alle andern Mittel entbehren und bedeutender Kosten überhoben sein könnte. Hiervon nehme ich jedoch alle solche Ufer aus, an welchen man theils zu Bedeckung (wenn ich den Ausdruck brauchen darf?) mürber, Ufer, theils zu Abhaltung eines schwach oder unter kleinen Winkeln einfallenden Stromes, noch mit Deckwerken auskommen und ein sanft abgeflächtes Ufer erhalten kann; selbst wenn zu Erzeugung dieser Form stellenweise Packwerke angewendet werden müssen.

§. 58.

Construction der inclinirenden Einbaue an Ufern, woselbst Ebbe und Fluth vorhanden sind.

I. Wie bei obern Strömen, bestimmen auch hier die Tiefen und ihre Annäherung an die Ufer nebst der Richtung der einfallenden Ebbeströme, die Lage, Länge und Form der inclinirenden Schlengen.

II. In beiden Strömen, wo meistens ein ganz horizontaler Boden vorhanden ist, richtet sich die Geschw. der Ebbeströme nach den Unterschieden der Wasserhöhen zwischen Fluth und Ebbe, sie sind nach dem Stande des Mondes und nach der Wirkung, welche Stürme auf Erhaltung eines höheren Standes der Fluth ausüben, verschieden und veränderlich.

Bei schmäleren Strömen, in welchen Fluth und Ebbe ziehen, kann auch noch landeinwärts der eigene Abhang des Flußbettes hinzukommen, und die Geschw. der Ebbe vermehren. Ueberhaupt, je weiter die Fluth aufwärts in einen schmälern Strom hinaufgeht, desto mehr nähern sich diese

in ihrem Verhalten mit Uferangriff, Krümmungen u. s. w. den oberen Strömen.

III. Dieselbe Rücksicht auf die Dauer der Werke erfordert auch hier, daß man sie nie höher mit ihren Kappen lege, als daß sie immer naß bleiben und nie ganz trocken werden können.

IV. Weil mit dem Zurückweichen der Fluth die ganze Oberfläche des Wassers sich erniedriget, von dem Ufer sich zurückziehet und die oberen Theile des Werkes entblößet, welche in obern Strömen zur Zeit immer gleichen Wasserstand haben und daher auch in ihren Kappen horizontal angelegt werden; so muß man hier die Werke von der ordinären Fluthhöhe an, bis zu der Höhe des Wasserstandes bei mittler Ebbe sich allmählig mit ihren Köpfen senken lassen und die Werke so lang machen, als auf den perpendiculären Abstand gh (Fig. 17. b) die künftige Abflächung des Wattes betragen soll.

hh′ (Fig. 17. a) ist dabei für das Watt gh und das Werk Ah ein und dasselbe, folglich das Werk in dem Verhältniß von gh : Ah sanfter abgeflächet.

V. Die Seiten-Dossirungen solcher Einbaue sind hinreichend flach, wenn sie mit dem hydrostatischen Seitendrucke gleich, d. i. unter 45° angelegt werden, denn alsdann steht die schräge Fläche hy (Fig. 16.) mit dem Drucke von zx in stetem Gleichgewichte; das Werk selbst hat nun für seine Stabilität nicht allein die Hälfte seines Körpers (wenn man sich dasselbe nach Ah (Fig. 17. b) in der Mitte von einer verticalen Ebene getheilt vorstellt) = Ahr nebst dem hydrostatischen Drucke des Wassers auf dieser Seite, sondern auch den ganzen Ueberschuß des spezifiken Gewichts über das Gewicht des von ihm verdrängten Wassers, übrig.

VI. Diesen statischen Ueberschuß kann man in vielen Fällen benutzen, um den inclinirenden Einbauen Ah u. Bk (Fig. 15.) größere Einfallswinkel gAh und nBk zu geben, und dadurch längeren Strecken Ae und Bl in den Winkeln hAe und kBl Ruhestand und Schlickfall zu verschaffen.

VII. Dies gerade ist aber der Punkt, um welchen sich die ganze Kunst der Uferbeschützung drehet, wobei also der erfahrene und vorsichtige Hydrotekt alle Ueberlegung anzuwenden hat, daß er, bei der wohlgemeinten Absicht, mit den wenigsten Kosten die größte Wirkung zu erzeugen, den rechtwinkeligten Einbauen sich nicht zu sehr nähere, und deren schädlichen Wirkungen die Ufer aussetze. (§. 42. Anm.)

§. 59.

Nach den verschiedenen Zuständen, in welchen die bedroheten oder angegriffenen Ufer sich befinden, müssen die Anlagen der Werke sich richten. Man kann, um sie zu classificiren, deren vier annehmen.

I. a) Ufer, vor welchen noch breite Watte liegen, deren Abflächung noch gut ist, wo jedoch die Tiefen demselben nähern und daher die Scheidung zwischen Watt und Ebbe näher an das hohe Ufer heranrückt.

b) Ufer, deren vorliegende Watte ihre ehemalige oder ihre normale Abflächung schon verloren haben und bei welchen die Ebbegrenzen dem hohen Ufer schon nahe liegen.

c) Lagen, bei welchen die Ebbe das hohe Ufer nicht mehr verläßt, wobei die größten Tiefen noch in einiger Entfernung liegen.

d) Ufer, an welchen die größten Tiefen dem hohen Ufer ganz nahe sind, wo das untere Ufer bankweise abbricht und wo bei weiterm Fortgange der Beschädigungen

der Einsturz des obern Ufers zu besorgen, oder bereits erfolgt ist.

II. In dem ersten Falle (a) hätte man weiter nichts zu thun, als in der Richtung des Stromstriches, oder wenn diese nur in einem sehr kleinen Winkel gegen das Ufer anginge, mit einem um eben so viel vergrößerten Einfallswinkel — so daß derselbe = 2 gAh (Fig. 15.) würde, — mit der Anlage des Werks, eigentlich nur von der Ebbegrenze anfangend, bis in die größte Tiefe fortzugehen, dasselbe gleich hoch mit der mittlern Ebbehöhe (nicht nach hohlen Ebben) horizontal in seiner Kappe zu machen und es rückwärts im Watte mit demselben in völlig gleicher Höhe und Abflächung auf 2 bis 4 Ruthen lang einzugraben und zu verbinden.

Ueberhaupt bei allen diesen Werken darf man auf die Vergrößerung ihrer Winkel um eine größere Wirkung der Werke zu erzwingen, nur in solchen Lagen denken, wo nur noch geringe Annäherung der Tiefen vorhanden ist und dabei findet eine reine arithmetische Progression Statt, wo gegen die directen Einfälle der Stromrichtungen auch eine gerade Richtung der Werke gewählt werden muß und die Winkel gegen schräger eintretende Stromfäden progressiv bis zu 45° vergrößert werden können; nämlich 45° als Maximum bei parallelem Strom mit dem Ufer.

Besonders muß man den Gedanken an Eroberung und Fortschreiten so lange verbannen, bis man defensiv mit dem angreifenden Strome in das Gleichgewicht gekommen ist und dann ihm etwas abzugewinnen, muß man zuerst mit den schwächsten Mitteln offensiv vorzuschreiten anfangen.

III. Bei der Lage b treten die Umstände ein, unter welchen die §. 58. IV. beschriebene Abflächung des Werks

in seiner Kappe, von ordinärer Fluthhöhe an, bis zu mittler Ebbehöhe von dem Vorufer A (Fig. 17. a. b.) bis zu der größten Tiefe unter h gemacht werden muß, um sowohl die Tiefe zu entfernen, als das Watt zu erhöhen.

Diese beiden Lagen a und b verstatten es meistens, die Einbaue an den größten Krümmen und direct gegen die Tiefen anzulegen. Hingegen bei den Lagen der Umstände in c und d wäre es thörigt, dem Flusse da, wo er seine größte Stärke hat, wo also auch die Angriffsmittel gegen dieselben proportionirt sein müßten, entgegen zu arbeiten und wie es so häufig geschehen ist, Material und Kosten unnützerweise aufzuopfern. Hier muß man gewissermaßen ein Blocadesystem anwenden, dem Strom durch kleinern entferntern Widerstand etwas von seiner Kraft entziehen und diese sich nach und nach in sich selbst verzehren lassen, bis man nach, allmählig, aber sicher verbessertem Zustande der Ufer und von dem Strome selbst beschaffter Ausfüllung der nahen Tiefen endlich in den Stand gesetzt wird, auch direct gegen seine Richtung zu bauen und seine Annäherung für die Zukunft zu verhindern.

IV. Bekanntlich erstrecken sich Tiefen, welche größer sind als die Normaltiefe des Stromes, wegen des aus denselben ausgehobenen und wieder niederfallenden Materials, auf keine sehr bedeutende Längen; (§. 56.) Wo also diese Tiefen wieder zu der Normaltiefe von selbst aufsteigen, daselbst muß man durch ein inclinirendes Werk die Wirkung des hydrostatischen Gegendrucks verstärken, das heißt einen Ruhestand des Wassers in dem spitzen Winkel zwischen dem Ufer und Werke erzeugen und dadurch den Strom nöthigen, sein Material daselbst fallen zu lassen.

V. So wird man in kurzer Zeit dahin gelangen,

zuerst mit Verlängerung des Werkes Bk (Fig. 15.) den hydrostatischen Gegendruck der beruhigten Wassermasse tkB, weiter vor tk in den Strom hineinzuverlegen und demgemäß die Tiefe zu entfernen und dann auch t weiter am Ufer hinaufrücken zu lassen und damit den zuschlickenden Winkel tkB zu vergrößern.

Nachher müssen Größe der Krümmung, Länge des Ufers, kurz alle Umstände, welche jede Lage eigenthümlich hat, es bestimmen, ob man ein zweites Werk bei t oder weiter aufwärts anlegen müsse, oder ob nicht durch Verlängerung des ersten Werkes bei B der Zweck sich vollständig würde erreichen lassen. Immer wird Fig. 15. in das Maas irgend einer Lage gebracht, das Schema bleiben, wonach solche Einbaue anzulegen sind, wobei dann freilich Beobachtung und Judicium des Wasserbaumeisters noch sehr in Anspruch genommen werden und mitwirken müssen.

Dies Alles wird nun auch genugsam beweisen, daß um einen Stromangriff zu schwächen und aufzuheben, man gegen den Strom aufwärts ansteigend bauen muß, und ein den bisherigen Grundsätzen der Hydrotechnik geradezu widersprechendes Verfahren befolgen müsse. (§. 43.)

§. 60.

Die Arbeit bei dieser Art von Einbauen wird im Ganzen nach einerlei Verfahren gemacht, doch werden dabei verschiedene Modificationen nöthig, wegen der größern oder kleinern Normaltiefen in den Strömen und wegen der Unterschiede in den Fluthhöhen. Man wird ohne mein Erinnern einsehen, daß z. B. die Verhältnisse in der Elbe bei Brunsbüttel und bei Hamburg in höherer Proportion stehen als die Cubikzahlen der Fluth-, oder auch der Tiefen-

unterschiede, und daß dies in Ansehung des Materials, der Kosten und selbst in dem mechanischen Verfahren, bei fast gleichen Zwecken, doch viele Verschiedenheiten hervorbringen müsse. Wo man zu ähnlicher Absicht an der Ober-Elbe ein Fuder Busch gebraucht, da muß man an der Nieder-Elbe bei Brunsbüttel eine ganze Schiffsladung haben u. s. w. *)

An solchen großen Werken sind die Senkungen in der ersten Zeit größer, als bei Werken an oberen Strömen, theils weil dieselben wegen der vielen Lagen des Busches über einander sich mehr zusammendrücken, als die wenigeren Lagen in kleineren und niedrigern Werken, theils weil man zu den letzten gewöhnlich hartes Füllmaterial gebraucht, welches gleich anfangs sich dichter zusammenlegt, bei jenen aber meistens nur Rasensoden anwenden kann, welche in dem Wasser mehr zusammengehen.

Auch kann man bei eintretendem heftigen Winde zuweilen ganze Senklagen verlieren, wenn der Wellengang es nicht verstatten will, dieselben regelmäßig zu Grunde zu bringen; denn obgleich Stackmeister, Schiffer und die mit dieser Arbeit beschäftigten Tagelöhner, das Wetter recht gut zu beurtheilen wissen und Gefahr wohl vorhersehen, so kann man doch, wenn Unwetter zu befürchten, eine einmal verbundene Senklage nicht warten und sie eine Tide über liegen

---

*) Um einen Begriff von der Größe dieser Werke zu geben, führe ich hier an, daß das unten erwähnte Werk, bei Priggenhause in der ersten Anlage 51 Ruthen lang, in der Kappe 6 Fuß breit, am Kopfende nach der Dossirung und mit der Abflächung des Ufers abnehmend von 46 Fuß auf 23 Fuß auf jeder Seite breit, 2½ Fuß über ordinäre Ebbe hoch: 7016 Mrk. an Material und Arbeitslohn gekostet hat; indem dazu über 60/m Faschinen à 6 Fuß zwischen den Bändern lang und 1 Fuß im Durchmesser dick, gebraucht wurden.

lassen, weil sie dann wegen ihres Hervorragens über die Oberfläche des Wassers unfehlbar von den Wellen zerschellt und das aufgelösete Material weggetrieben werden würde.

Diese Gefahr, welcher man bei Senklagen zuweilen ausgesetzt ist, kennt man in den obern Strömen nicht, weil man dort, selbst bei noch bedeutenden Unterschieden des Wasserstandes zwischen Fluth und Ebbe, meistens mit voraus gelegten und hinten angeschlossenen Faschinen bauen kann. Auch macht es einen großen Unterschied in Hinsicht dieser Gefahr, ob das angegriffene Ufer den süd- und westlichen Winden ausgesetzt ist oder nicht. In dem ersten Falle üben die Wellen ihre ganze Kraft gegen das Ufer aus, im zweiten Falle wird die Wasserhöhe davon vermindert, die Deiche selbst gewähren Schutz gegen den Stoß des Windes, und die Arbeit kann ohne bedeutende Hinderung fortgesetzt werden.

Alle solche Nebenumstände kann man mit ihrem speciellen Verhalten in einzelnen Lagen, nicht anders als aus Erfahrungen kennen lernen, welche einem Stackmeister, der übrigens die Mechanik seines Handwerks gründlich versteht, die nöthige Vorsicht und Entschlossenheit geben werden.

§. 61.

I. Dieselbe Erleichterung der Arbeit bei dem Versenken ganzer Faschinenlagen oder Senkstücke, wie bei den Bauen in obern Strömen (§. 55. II.) erhält man an inclinirenden Einbauen auch hier durch die Befestigung derselben mit Tauen von dem obern Ufer aus, wodurch man ihre Lage viel genauer und sicherer bestimmen kann, als wenn dieses allein mit vor Anker gelegten Fahrzeugen bewerkstelligt wird. Ich werde die Methode, welche ich dazu erfunden und angewendet habe hier kürzlich beschreiben

und nur noch vorher erinnern, daß weil die Senklagen auf Rosten auf dem Watte vor dem Versenken fertig verbunden sein müssen, man in dem Falle, wo die Tiefen ganz nahe am Ufer liegen, kein dazu passendes Watt in der Nähe der größten Beschädigung haben würde und dies also, außer §. 59. III. ein Grund mehr ist, die Werke selbst nicht in die größte Tiefe zu legen.

II. Wenn der Rost von Zimmerholze auf dem Watte in solcher Größe und Höhe auf eingeschlagenen Pfählen construirt worden ist, daß die Oberstücke desselben sich soweit unter der größten Fluthhöhe befinden, daß diese die fertige Senklage aufheben könne, damit dieselbe an die Stelle der Versenkung hingeflößet werde; (Fig. 18.) so legt man zuerst quer über die Balken des Rostes in einer Länge gebundene Würste (Wipen) höchstens 2 Fuß von einander entfernt. Diese werden an verschiedenen Stellen mit kleinen Tauen an die Rostbalken festgebunden, um in dem Falle, daß die Senklage in einer Ebbezeit nicht fertig geworden wäre, dieselbe an dem Roste festzuhalten und gegen das Aufheben durch die Fluth sie mit großen Steinen zu beschweren; die Tauen müssen so geschürzt werden, daß sie leicht zu lösen sind.

Es ist dies aber nicht gut, sondern man muß suchen, eine jede Senklage in einer einzigen Ebbezeit fertig zu machen und zu diesem Zwecke Alles während der Fluth zu präpariren und die zu entfernt liegenden Materialien in die Nähe des Rostes herbei zu schaffen. (Fig. 19.) Zu jeder Senklage werden 2 Taue a. a. die um die Würste und Faschinen über Kreuz umschlungen werden, erfordert. Diese sind an ihrem obern Ende mit Oesen versehen, welche so lang hervorstehen, daß man das Tauende an der Seite der Senklage aufnehmen und befestigen könne, um dann vor dem

Versenken die Leitetaue durch dieselben ziehen zu können und um nicht genöthiget zu sein, die Oesen unter Wasser aufsuchen zu müssen.

Ein anderes Tau gehet von dem hintern Ende nach der vorderen Seite der Senklage in der Mitte durch. Fig. 19, b.

Ueber die erste Lage der Würste werden die Faschinen so quer übergelegt, daß ihre Spitzen nach allen Seiten vorstehen und die vordern und Seitenlagen sich allmählig nach der Dossirung zurückziehen, bei den Lagen an der Landseite aber die obern Faschinen über die untern hervorstehen.

Die untern Faschinen-Reihen bindet man hin und wieder mit Weden und heftet sie zwischen den Bändern der Würste mit Pfählen, bei den höheren Lagen reichen Pfähle hin, welche so lang sein müssen, daß sie immer durch die neu aufzunagelnden Würste und die ganze schon vorhandene Dicke der Senklage hindurch reichen. Auf der ersten Reihe der aufgelegten Faschinen werden die Zwischenräume mit losem Busch der aufgehauenen Faschinen geebnet, dann zwischen den neu aufgelegten Würsten Füllmaterial eingebracht, wieder Faschinen aufgelegt, Würste aufgenagelt und damit bis zu der beabsichtigten Höhe der Senklage fortgefahren, welches Alles ein erfahrener Stackmeister nach seiner Ortsgelegenheit und Material anzuordnen verstehen muß. Zuletzt werden auf der Senklage Zäune zwischen eingestoßenen Pfählen geflochten, die den obern Raum in Vierecke von ¼□ Ruthe eintheilen, um zwischen sich das Füllmaterial gleich vertheilt zu erhalten, Fig. 20.

III. Ist die Senklage soweit vollendet, so wird dieselbe von dem Roste gelöset und kurz vor höchster Fluth flott gemacht und abgeflößet.

Damit nun dieselbe auf ihre bestimmte Stelle zu liegen

komme, so werden durch die an ihrer Stromseite befindlichen Oesen a. a. andere Taue einfach durchgezogen und dann zusammengenommen, an Pfählen, die auf dem Watte rechtwinkeligt gegen die Richtung der Schlenge eingeschlagen sind, genau nach vorhin genommenen Maße cd Fig. 21. befestigt; wonach c′ gewiß in die Lage kommen wird, die es nach der Entfernung dc erhalten soll.

Den Anschluß an den bereits versenkten Theil der Schlenge erhält man vermittelst des dritten Taues, welches der Senklage nicht verstattet während des Versenkens weiter vorzurücken, indem dieses Tau auf ähnliche Art an einem Pfahle auf dem Lande in der Richtung der Schlenge befestigt wird, oder wenn dieselbe landwärts schon Höhe genug hatte, an der Schlenge selbst seine Haltung bekommen kann.

Nachdem auf diese Art die Senklage in ihre Stelle gebracht worden ist, so wird mit dem Auffüllen des Beschwerungsmaterials so schnell als möglich verfahren, damit die Lage früher an den Grund komme als der starke Ebbestrom eintritt.

Da die Lage mit ihren landwärts überstehenden Faschinen-Spitzen sich auf die vordere Dossirung der bereits versenkten Stücke auflegt und zugleich die nach den Maßen genau bestimmten Längen der Leit-Taue die Stellen derselben genau ergiebt, so hat diese Art zu versenken, außer größerer Wohlfeilheit — weil nicht soviele Fahrzeuge gebraucht werden — noch den Vortheil völliger Bestimmtheit voraus. Denn bei der sonst gewöhnlichen Art, vermittelst verankerter Fahrzeuge die Richtung und Stelle der Senklage mit Tauen zu bestimmen, und während des Sinkens die Taue nachzulassen, sind schon oft große Unrichtigkeiten vorgekommen, die

man später mit vieler Mühe und Kosten kaum hat verbessern können.

Anmerkung. In dem Obigen glaube ich nun hinreichend gezeigt zu haben, daß es nur ein einziges Mittel in der Hydrotechnik giebt, wodurch man die Natur veranlassen kann, mit den Uferbeschädigungen eben so inne zu halten, wie sie entstehen und daß diese Mittel nur partiell und negativ wirken können, da man sich nie mit den großen positiven Kraftmassen der Natur gleichstellen kann.

Alle andern Arten von Uferschutzwerken, welche nicht im Stande sind die Wirkungen der Stromrichtungen und Geschwindigkeiten, so weit als Lage und Zweck es erfordern, gänzlich zu decomponiren, müssen daher aus der Wasserbaukunst eben sowohl verbannt werden, wie man genöthiget gewesen ist, hölzerne Höfter und steile Bollwerke aufzugeben. Besonders solche Werke, Bleßwerke, Packwerke längs den Ufern u. dergl., welche nur dienen, um der materiellen Festigkeit der Ufer auf die kurze Zeit ihrer eignen Dauer zu Hülfe zu kommen, und die so oft erneuert werden müssen, deren Nutzen noch nirgends mit den dazu verwendeten Kosten in einem guten Verhältniß gestanden hat, müssen als schlechte Palliative gänzlich verworfen werden, wenn sie nicht zugleich die Widerstandsfähigkeit derselben herstellen. Von den lächerlichen Parallelwerken, die man nach Art der Traversen in der Fortification, und den ci-devant Mode gewesenen Maximen angeordnet gehabt hat, so wie von neuerlich geführtem Streit über den Traversenbau, wobei ein Blinder dem Andern den Weg zeigen wollte, will ich hier nichts weiter erwähnen, als: daß eine Anwendung solcher leichten und wohlfeilen Mittel, wie Voit z. B. an der Wertach gebraucht hat und die solchen kleinlichen Verhältnissen angemessen sind, dabei Nutzen schaffen kann; daß aber dieselben, ohne Ueberlegung gebraucht, nur zu unnützer Geldverschwendung gereichen.

Um hier wegen des Namens kein Mißverständniß zu veranlassen, muß ich erinnern: daß man jene Werke, welche noch dazu meistens von Fortifications-Ingenieurs angelegt wurden, auf dem Watte erhaben, parallel mit den Deichen machte, ihnen Zwischenräume gab, und vor oder hinter diese Oeffnungen, in einiger Entfernung solche kürzere Stücke, ganz nach Art der Traversen in den bedeckten Wegen der Festungen setzte. Welche Wirkung erfolgen mußte, wenn das hinter diese Werke eingetretene Fluthwasser durch die schmalen Oeffnungen wieder abfloß? wird Jeder selbst beurtheilen können. So zweckmäßig auch die Voit'schen Traversen zu Ebnung eines unregelmäßigen Ueberschwemmungsbettes schon sind, so würden sie ihren Zweck doch noch besser und wohlfeiler erfüllen, wenn sie unter spitzen Winkeln gegen die Ufer gerichtet würden.

In dem eben Gesagten, so wie in mehren frühen Aeußerungen, liegt nun zwar eine allgemeine Mißbilligung der meisten bisher gebräuchlichen Uferbauwerke; es würde aber ungerecht sein, wenn man deren Anwendung ganz ohne Rücksicht auf andere concurrirende Umstände verwerfen wollte und diese verdienen noch eine nähere Bezeichnung.

An allen Ufern wo nur stellenweise Befestigung der unter Winkeln von höchstens 45° noch vorhandenen Uferabhänge nöthig ist, oder wo ein schwacher Strom unter sehr kleinen Winkeln (bis 15°,) sich gegen das Ufer gewendet hat, und wo subjective Festigkeit dem geringen Stoße des Wassers noch hinreichend widerstehet, können kleine lockere Stellen mit Deckwerken verstärkt und beschützt werden, weil dabei die mäßigen Kosten den Nutzen nicht übersteigen. Selbst wenn an solchen Stellen der Abhang des Ufers steiler geworden, und an dem obern Uferrande schon eine Tiefe von einigen Fußen sich fände, welche sich nur auf wenige Ruthen in die Länge erstreckt, so kann diese, vermittelst eines gehörig abgeflächten Pack-

werks, mit der übrigen Uferbedeckung in Verbindung und Gleichförmigkeit gebracht werden, ohne die Kosten unverhältnißmäßig zu steigern.

Auch an oberen Flußdeichen, welche von dem bloßen Flußwasser oder bei geringen Unterschieden zwischen Fluth und Ebbe von der letzten nicht mehr verlassen werden, können, wenn die beständigen Wassertiefen nicht mehr als 2 bis $2\frac{1}{2}$ Fuß betragen, Packwerke noch mit Nutzen zu Sicherung des Deichfußes gebraucht werden. Sobald aber der Strom mit seiner Tiefe sich dem Ufer mehr genähert hat, oder die Stromrichtungen unter größern Winkeln auf die Uferlinien hinweisen, so müssen vor den steilen Ufern Packwerke, welche auf Tiefen von 5 bis 6 Fuß zunächst am Ufer fortwährend im Stande zu unterhalten sind, für längere Strecken schon sehr kostbar werden, welches bei größern Tiefen in cubischem Verhältnisse zunimmt.

Da man nun die dynamische Wirkungsart inclinirender Einbaue noch nicht hinreichend kannte, von rechtwinklichen und declinirenden Werken aber die schädlichen Folgen in so vielen Beispielen sah, so war es der Vorsicht gemäß, Werke zu gebrauchen, welche zwar wenig zu Verminderung der subjectiven Kraft des Angriffs beitrugen, die aber auf der andern Seite, die Angriffe nicht verstärkt auf andere Stellen fortpflanzten. Rechnet man hierzu solche Umstände, welche den Wasserbaumeister oft nöthigen, nur allein auf das bereits Bestehende zu sehen und die Ufer in ihrer Beschaffenheit zu schützen, z. B. Deiche, deren Fuß unmittelbar den Strom berührt, eingedeichte Inseln u. s. w., oder die Vorschriften der Committenten, welche ihm nicht erlauben wollen, von einer bisher gebrauchten Baumethode gänzlich abzugehen, so darf man es ihm nicht verdenken, wenn er bei dem Gebrauche der bisher bekannten Mittel, eine solche Wahl trifft, welche ihm weniger directen Effect, aber mehr Sicherheit vor nachtheiligen Folgen gewährt.

VII. Abschnitt.

Strombau.

§. 62.

I. Bei dem Strombau gehen die Absichten meistens nur dahin, eine Gleichförmigkeit in der Bahn des Flusses zu erhalten, um ihn für die Schiffahrt oder andere Zwecke brauchbar zu machen, oder seine nachtheiligen Wirkungen, als Ueberschwemmungen u. dergl. zu verhindern.

II. Alle Unregelmäßigkeiten in den Flußbetten entstehen von denselben Ursachen wie die Uferbeschädigungen, es sind dieselben Eigenschaften des Wassers und die Wirkungen seiner Schwere, welche auch diese verursachen und die Gegenmittel kann man vernünftigerweise in nichts Anderem suchen, als in einer Leitung seiner Kräfte zum Besten der natürlichen Ordnung, von welcher alle jene Nachtheile Abweichungen sind.

III. So wie man aber bei dem Uferbau es hauptsächlich mit den sich über das Normal vergrößerten Tiefen, ihren Annäherungen an die Ufer und die dadurch verursachten Uferbeschädigungen zu thun hat, so sind es die Folgen dieser Vertiefungen, daß das aus denselben ausgehobene Material an andern Stellen sich unregelmäßig lagert, die Tiefen vermindert, dadurch dem Flusse seine Geschw. benimmt, und die Stromkrümmen, die hier das Uebel ausmachen, die Schifffahrt verhindern, an den seichten Stellen das Ufer verbreiten und wegen Mangels der Tiefen, Aufstau und Ueberschwemmungen verursachen.

IV. Da es in der Natur solche gerade und regelmäßige Ströme giebt, die mit Neigung und Abhang fließen,

in welchen die Schifffahrt ungehindert geht, wobei sich die so allgemein befürchtete Beschleunigung der Fallhöhen gar nicht findet, und weil für den, der das oben (§. 22.) von mir aufgestellte Gesetz der Retardation im fließenden Wasser begriffen hat, kein Zweifel über die Möglichkeit gerader, ohne Beschleunigung im Verhältniß der Quadratwurzeln der Fallhöhen fließender Ströme, mehr vorhanden sein kann, so wird man auch die gerade Richtung der Ströme als die zweckmäßigste erkennen müssen.

V. Verbindet man damit den Erfahrungssatz, daß in schmalen tiefen Flüssen wegen der Adhäsion an den steilen Ufern das Wasser oft noch merklich langsamer fließt, so hat man gewiß weder von der obengenannten Beschleunigung etwas zu fürchten, noch die Stromkrümmen, als von der Natur absichtlich bereitet, für nützlich und nothwendig zu halten. Krümmungen sind wegen der oben angeführten Ursachen in allem Betracht schädlich, für die Schifffahrt aber besonders nachtheilig, weil man bei denselben nur einen guten Wind zum Segeln hat, wogegen man in geraden Strömen mit drei Windrichtungen vorwärts kommen kann. Was hat z. B. die Eider, welche Nord- und Ostsee verbinden soll, für eine erbärmliche Fahrt wegen ihrer Krümmen?

§. 63.

Der Zustand vieler Flüsse ist durch künstliche Vorrichtungen viel mehr verschlechtert worden, als durch die Natur selbst und an den meisten Stellen, wo Uferbauten zur Ausführung gekommen sind, hat man mit den nach unrichtigen Grundsätzen angelegten Werken die Strombahnen in viel unregelmäßigere Verhältnisse versetzt, als dies die sich selbst überlassene Natur würde gethan haben. Indem man näm-

lich nicht allein mit einzelnen Einbauen, sondern oft mit ganzen Reihen hinter einander angelegter Werke (wie am Herder Damme bei Düsseldorf) aus dem Boden des Flußbettes eine größere Menge Material herausreißen ließ, als die Natur für sich hätte fortführen können, so mußte dieses sich bald wieder lagern und den untern Flußbezirk verderben.

§. 64.

I. Aus diesen allgemein bekannten Nachtheilen mancher von der Natur selbst, wegen verschiedener Beschaffenheit des Bodens in den Flußbetten gewählten Richtungen und den durch künstliche Vorrichtungen vergrößerten Beschädigungen, sollte wohl die Ueberzeugung folgen, daß nur Mittel dagegen für annehmbar zu haltem sein dürfen, wenn sie die Uebel vermindern, und keine anderweiten Unregelmäßigkeiten veranlassen.

Dazu hat aber die Kunst durchaus kein kräftigeres Mittel, als den hydrostatischen Gegendruck des Wassers selbst, in welchem sich die heftigsten Strömungen von selbst verlieren und ihrer Kräfte beraubt werden, wie dies bei den größten Wasserfällen zu sehen ist.

II. Auch für die Zwecke des Strombaues diese Gegenwirkung anwenden zu können, bieten die oben hinreichend beschriebenen inclinirenden Einbaue das bequemste und einzige Mittel dar, nur hat man hier mehr auf die Stromrinne, als auf ihr Verhältniß zu den Ufern zu sehen.

In allen Strömen, wo die Unterschiede der Wasserhöhen bei Fluth und Ebbe nicht sehr groß sind, wo man wegen Sturm und Wellen nicht auf Erhaltung eines breiten sanft abgeflächten Wattes Bedacht zu nehmen hat, oder wo die angegriffenen Ufer unter Schutz vor den heftigen Winden liegen, wird die Tiefe, welche von den inclinirenden

Einbauen abgehalten wird, auch dann für die Schifffahrt noch passend liegen, wenn sie auch von dem Ufer nur soweit als eine gute Böschung desselben erfordert, abläge; ja es ist oft der Fall, daß man wegen Anlegung der Schiffe eine solche Nähe der Tiefe an einer Stelle des Ufers zu haben verlangt.

Doch dies wird ohne weitere Bedenklichkeit nur dann Statt finden, wenn die vorliegende Tiefe die Normaltiefe des Stromes nicht übertrifft. Sobald aber eine bedeutend größere Tiefe da ist, so muß auch das aus derselben erfolgte Material sich nicht weit unterhalb derselben gelagert haben, und dann hätte man zugleich auf Hinleitung der Tiefe nach der entstandenen seichten Stelle zu sehen.

III. Jeder auf die oben beschriebene Art richtig angelegter inclinirender Einbau veranlaßt nun nicht allein, daß das von oben mitgebrachte Material sich in seinen Winkeln anlegt und dadurch ein besser abgeflächtes und haltbares Ufer erhält, sondern es wirkt auch dieses dadurch für sich, auf Abhaltung des vorhin angreifenden Stromstriches. So hatte sich das meiste von dem Ufer am neuen Kooge in Süder-Dithmarschen abgerissene Material in der Sand- oder Schlickbank, die der Mühlenstraße gegenüber anfängt, breit abgelagert; wie aber der Stromstrich von den neuen Schlengen sich dahin verlegte, so ging auch die Tiefe dicht an dieselbe heran, wie die daselbst ausgelegten Seetonnen zeigen.

Die Charte von den Süder-Dithmarsischen Elb-Ufern kann hier überhaupt zu Erläuterung des Gesagten dienen, aber man mag eine Charte nehmen, welche man will, auf welcher vom Strom angegriffene Ufer gezeichnet sind, so wird man auf derselben alle die erzählten Verhältnisse ebenfalls nachweisen können.

IV. Man sieht hier zunächst die Breite des Sagelshörn, welche die ursprüngliche Breite der Elbe bei St. Margarethen beträchtlich einschränkt, und welcher die Ablagerung des Materials enthält, das schon in den ältesten Zeiten von der noch unbedeichten Stör, nach dieser Seite geführt wurde. Die vorliegende Sandbank hingegen besteht aus dem Material, welches aus der, durch Vereinigung der Norder- und Süder-Elbe verursachten Tiefe ausgehoben, und hier wieder niedergelegt worden ist.

V. Die ursprüngliche Richtung der vereinigten Stromstriche, welche bis nach dem Holsten-Graben gerichtet war, veranlaßte — wie es auch historisch erwiesen ist — bis dahin, von St. Margarethen an, die ersten Angriffe; weil aber eines Theils die schlechte Beschaffenheit des Grundes (von dem unter der Marscherde befindlichen Moore) die Neigung des Stroms nach den daselbst schnell sich vergrößernden Tiefen zunahm, anderntheils die sanfte Abflächung des gegenüber liegenden Ufers, eine freiwillige Neigung des Stromes nach dieser Seite unmöglich machte, so mußten die nachfolgenden Uferangriffe längs des neuen Koogs bis nach der Deichecke bei Spliethen-Hause völlig so geschehen, wie es unten erzählt wird.

VI. Da die Fluth sonst im breiten Wasser nur allgemeinen Aufstau, in Strömen aber, wo die Oberfläche über der Hauptstromrinne niedriger als anderswo ist, einen Einfall und Zug veranlaßt, welcher derselben zugleich eine bemerkbare Richtung giebt, so konnte dieselbe auch hier keine andern Wege verfolgen, als daß sie von der Ausmündung herkommend, sich bei der Vereinigung der Hauptstromstriche von der Elbe und Oste trennte und beiden niedrigen Oberflächen, verhältnißmäßig nachging.

VII. Hatte nun ein solcher Zug des Fluthstroms irgend eine directe oder schräge Richtung gegen das Ufer, z. B. hier von der weißen Tonne gegen die Deiche bei Soestmenhusen, so mußte daselbst auch die Wirkung von Sturm und Wellen viel größer und gefährlicher werden.

§. 65.

I. In kleineren und oberen Strömen, welche zuweilen geringe Wassermengen führen, hemmen solche Ablagerungen nicht allein die Schifffahrt, welche in den seichten Betten, (besonders wenn der Fluß zwischen den Untiefen in mehre Arme sich theilt,) keine hinreichende Tiefe findet, sondern sie sind auch dem gewöhnlichen Abflusse des Wassers hinderlich. Denn solche Untiefen geben bald Gelegenheit zu Anhägerungen und zur Entstehung von Werdern und Inseln, weil der angeschwollene Strom, der auch mehr Material führt, dasselbe an solchen Stellen, wo sein Zug weniger lebhaft ist, liegen läßt.

II. Die Anwendung inclinirender Einbaue wird auch hier dienen, alle solche Hindernisse zu beseitigen.

Gegen bloße Untiefen, die von abgelagertem Material entstanden sind, verfahre man ganz nach §. 56. V. VI. wonach die Verlegung der Stromrinne in die Mitte beider Ufer, oder wenigstens in eine der Normaltiefe angemessene Entfernung von einem der Ufer, Alles in Ordnung bringen wird.

Anmerkung. Von solchen Hindernissen, Felsen und dergl., deren Behandlung Schemerl in seiner Schrift über Schiffbarmachung der Ströme lehrt, kann ich hier nicht weiter reden, weil dagegen keine Arten von Einbauen wirken können.

III. Bei allen ungetheilten Strömen findet dieses Verfahren seine Anwendung und ein Wasserbaumeister, der seine Vorarbeiten mit Charten und Tiefenmessungen gehörig gemacht hat, wird nach obigen Grundsätzen die Lagen und Wirkungen seiner Werke zuverläßig voraus bestimmen können.

IV. Wo ein Strom in zwei oder mehre Arme getheilt ist, findet es sich oft, daß der kürzeste Arm nicht der wasserreichste oder tiefste ist, welches man als untrügliche Kennzeichen annehmen darf, daß in dem andern tiefern Arme das Erdreich des Flußbettes leicht auflösbarer sein müsse, als in Jenem. Da eben deßwegen der Uferangriff auch bei der geringsten Veranlassung stärker werden und die Stromkrümme zunehmen kann, so muß man dasjenige Ufer, welches solcher Gefahr am meisten ausgesetzt ist, mit den incl. Einbauen zuerst zu schützen suchen.

V. Es kann sich ereignen, daß eine zwischen zwei Stromarmen liegende Insel auch an ihren Ufern angegriffen wird, und dies könnte in Hinsicht auf die Schifffahrt benutzt werden, um dem Stromarme einen geraderen Lauf zu verschaffen. Wo aber keine Schifffahrt in Betrachtung kömmt, da wird in den meisten Fällen an der Erhaltung der Insel selbst vorzüglich es gelegen sein. Hier könnte es also nöthig werden, um weder die Insel beschädigen, noch die Krümme des Stroms auswärts zunehmen zu lassen, und also den Strom recht in der Mitte von beiden Ufern zu unterhalten. Dies kann auch geschehen, wenn man in einem schmalen Strome eine immer gleiche Tiefe für die Schifffahrt erhalten will.

§. 66.

I. Die obigen Erklärungen müssen ferner zu der Ueberzeugung führen, daß alle Mittel, wodurch man nieder-

gelassenes Material, durch Ausbaggern und dergl. unmittelbar aus dem Bette eines fließenden Wassers wegnehmen will, ganz vergeblich angewendet werden, weil der Strom dasselbe sogleich wieder ersetzt und daß es dazu kein anderes wirksames Mittel geben kann, als Vermehrung der Stromgeschwindigkeit, und um diese zu erhalten, Verminderung oder Einschränkung der Strombreiten.

II. Es giebt freilich bei Häfen und stehenden Gewässern, welche viel Unreinigkeiten von Außen aufnehmen, Veranlassungen: sie durch Maschinen zu reinigen, weil in denselben selbst keine Kraft liegt, um jenes Material wegführen zu können, und man muß daher es mit wirklicher Arbeit wegschaffen. Dies braucht aber bei Flüssen und Strömen nie zu geschehen.

III. Oft lagern sich in Strömen, worin die Fluth beträchtlich steigt, nach hohen Sturmfluthen, die das Wasser längere Zeit hoch erhalten, Sand- und Schlickbänke, die blos von den mit der Ebbe gekommenen Material (welches in dem ganzen getrübten Wasser enthalten war und das keinesweges aus einer partiell ausgerissenen Tiefe herstammt,) erzeugt werden und daher mit den oben beschriebenen Untiefen nicht in eine Kategorie gehören. Denn solche Bänke werden gewöhnlich mit der hohlen Ebbe nach der nächsten Springfluth wieder vernichtet, oder von mehreren solchen Ebben allmählig weiter geschoben und endlich ganz vertheilt.

Man ist in Hamburg schon mehrmals besorgt gewesen, daß dergleichen Bänke, welche sich bei der Vereinigung der verschiedenen Elbarme zuweilen gezeigt haben, das Elbebette erhöhen und die Einfahrt in den Hamburger Hafen verderben könnten; allein sie sind noch jedesmal von selbst wieder verschwunden und haben es nicht abgewartet, sich durch die

dazu schon in Bereitschaft gesetzten Baggermaschinen kratzen zu lassen.

Es möchte sonst nicht unnütz sein, das überflüssige Baggern, welches in vielen Strömen oft nach altem Herkommen noch getrieben wird, einer strengen Revision zu unterwerfen und mit Abschaffung der ganz zwecklosen Arbeiten den Kassen Erleichterung zu verschaffen. Denn in vielen solchen Lagen, wo man bis jetzt noch baggert, können hydrotechnische Stromleitungen nur allein Hülfe gewähren und die Erhöhungen der Flußbette für immer wegschaffen.

Von den Rücksichten, welche die Beschaffenheiten der Flußbetten erfordern.

§. 67.

Da nach den sichersten Erfahrungen bei allen Flüssen sowohl die ersten Ursachen der Wahl ihrer Bahn, als die Veränderungen in derselben von der geologischen und mineralogischen Beschaffenheit der Lagen und Erdschichten, welche sich im Grunde und an den Ufern derselben befinden, abhängig gewesen sind, so erfordert schon eine allgemeine Uebersicht, daß, nachdem man die Natur des Wassers an sich richtig erkannt hat, man sich auch um das Object bekümmere, gegen welches dasselbe wirkt. Oder die Beschaffenheiten der Flußbetten müssen die Aufmerksamkeit des Flußbaumeisters eben so sehr in Anspruch nehmen, als die hydrodynamische Erkenntniß, damit er nicht allein die früheren Veranlassungen zu den vorhandenen Richtungen einer Strombahn gehörig erkennen, sondern auch mit Wahrscheinlichkeit voraussehen könne, wie weit die Lage und Beschaffenheit der Erdschichten, noch ferner negativ auf die Veränderung einer Strombahn einwirken möchte?

§. 68.

Auf eigentliche geologische Untersuchungen kommt es dabei weniger an, weil da, wo solche Verhältnisse im größten Maßstabe vorkommen, (in Gebirgsgegenden) die Flüsse in festen und engen Betten laufen, und ihr rapider Lauf oft durch Wasserfälle unterbrochen und gemäßiget werden kann.

Nur erst in den breiteren Thälern, worin die Flüsse schon geringeres Gefälle und weniger Geschwindigkeit haben, wo dieselben bei früheren Ueberschwemmungen nutzbaren Boden erzeugt hatten, können Veränderungen in den Strombahnen, die seit Jahrhunderten bereits benutzten Acker- und Wiesen-Grundstücke beschädigen und wegreißen. Dies geschiehet weniger in solchen, Thälern die sich mit gleichförmigen Abhängen von ihren beiden Seiten nach der Mitte hinsenken.

An jenen Flüssen aber, welche mit den Veränderungen der Richtungen ihrer Strombahnen, der einen oder anderen Thalseite sich nähern, wird ihre schädliche Wirkung gegen die aus aufgeschwemmtem Material bestehenden Ufer desto größer, je fester und zusammenhängender der alte Urboden an dieser Thalseite ist, und dieser zeigt, wenn er von dem aufgeschwemmten Erdreich, welches ihn bis dahin bedeckte oder umgab, entblößt worden, oft dieselben schädlichen Wirkungen wie abweisende Einbaue.

Beispiele dieser Art geben die Werra zwischen Lage und Schöttmar im Lippeschen, die Weser bei Eisbergen und Varenholz, die Leine unterhalb Wehnde. Man findet aber diesen entgegengesetzt an der Weser, z. B. bei Lachen, von der Porta westphalica bis Minden, an der Elbe zwischen Pillnitz und Loschwitz unter Meißen bis Zehren, am Rhein

von Rheinsberg bis Büderich bei Wesel u. s. w. sehr lange Strecken, worin wegen Gleichförmigkeit des Terrains in der Strombahn, das Wasser in gerader Linie und mit gleichförmiger Geschwindigkeit fließt, und welche die Meinung völlig widerlegen, als hätte die Natur den Strömen die subjective Eigenschaft ertheilt, in Schlangenlinien zu fließen.

§. 69.

In den flächeren Gegenden, wo die Geschwindigkeit der Flüsse abnimmt, hängt ihr Verhalten noch mehr von Lage, Neigung und Beschaffenheit der Erdarten im Flußbette ab.

Besteht dasselbe aus solchen Erden, die in den nächsten Umgebungen überall vorhanden sind, oder aus alten Erdschichten, so wird der Strom in denselben sich meistens ein so tiefes Bett ausgehöhlt haben, welches auch das Wasser vermehrter Zuflüsse zu fassen vermag, ohne daß dasselbe über die obersten Uferränder austritt.

Befindet sich der Flußschlauch aber in aufgeschwemmtem Terrain, so hängt seine Tiefe von der Beschaffenheit der aufgesetzten Erdtheile ab und dabei lehrt der Augenschein, daß nur in zähem Lehmboden die Ufer sich erhalten, und eine beträchtliche Höhe über dem mittlern Wasserstande behaupten, das Wasser des Stromes selbst aber eine gewisse Tiefe haben kann.

Wenn das von dem Flusse mitgebrachte Material sandig und schwer ist, so wird er dasselbe leicht fallen lassen, und obgleich es allmählig fortgeschoben wird, so wird der Strom doch nie dahin gelangen, sich einen tiefen Schlauch auszugraben und diesen zu unterhalten.

Diese Erscheinungen sieht man bei den Flüssen in niedern Gegenden, bis zu ihren Einmündungen in größere

Ströme und diese letzten verhalten sich eben so wie jene, nur mit dem Unterschiede, daß alle ihre Verhältnisse mehr in die Breite ausgedehnt sind, und daß ihre Betten niemals in alte Ur-Erde einschneiden.

Anmerkung. Die einzige Ausnahme von der letzten Behauptung, die mir vorgekommen ist, befindet sich in der Eider unterhalb Friedrichstadt, woselbst ein Steinriff 10 Fuß unter Wasser quer durch den Fluß streicht, alles Uebrige aber Schlickgrund ist. Dieses Riff ist gewiß der alte Rücken des Gebirges, welches Schleswig mit Holstein verbindet, und sich durch Jütland erstreckte, das aber hier von der Eider quer durchschnitteu wird, denn auf beiden Ufern in Dithmarschen und Eiderstedt, will man dieses Riff noch flacher unter der Erde gefunden haben, so daß es in der Eider ein Thal zwischen zwei Höhen hätte.

§. 70.

In Beziehung auf die Elbe, Weser und die Ems werde ich hier das Merkwürdigste anführen.

Als Thatsache liegt es vor Augen, daß die Flötzlagen, welche unsere Gebirge umgeben, an ältere Berge an- und aufgelegt sind, und daß sie jetzt sich weit mehr neigen, als dies bei ihrer Entstehung der Fall hat gewesen sein können, weil sie nach hydrostatischen Gesetzen nicht die Lagerungsform und Verhältnisse haben könnten, die sie jetzt doch wirklich besitzen; es ist im Gegentheile sehr wahrscheinlich, daß ihre Grundlage damals beinahe horizontale Flächen bildeten.

Ob diese nun durch eine Erhebung der Grundlagen oder durch eigene Depression, ihre gegenwärtige abhängig geneigte Lage erhalten haben? das kann für denjenigen, der diese Lagen in ihrem jetzigen Zustande zu betrachten

und zu behandeln hat, ziemlich gleichgültig sein; ungeachtet eine Depressions-Theorie zu seiner Ueberzeugung leichter und mit größerer Evidenz durchzuführen sein möchte, als die jetzt noch so beliebte Erhebungs-Theorie, der es noch an allen Beweisen für die jemalige Existenz der angenommenen erhebenden Kraft fehlt.

Den Hydrotekten kann nur das bekümmern, daß er außerhalb der Grenzen der höheren Gebirge in seinen Flußbetten niemals Spuren jener ältesten Grundlagen findet; und da dieses in der Ausdehnung der Flötzgebirge nicht einmal mehr vorkommt, so kann es noch weniger in den jüngsten aufgeschwemmten Lagen, vom Fuße der Flötzgebirge an, bis zum Meere zu finden sein.

§. 71.

Alle Erd- und Sandlagen dieser Regionen tragen so deutliche Spuren ihrer Ablagerungen aus dem Wasser und ihrer Verändrungen durch dasselbe an sich, daß man nur selten in dem Grunde der größten vorhandenen Anhöhen Erdarten finden möchte, die sich als alte Grundlage ansprechen ließen. Aber über oder durch solche Anhöhen laufen keine Flüsse, die nur den Niederungen folgen.

Zwar findet man in diesen aufgeschwemmten Lagen ebenfalls abhängige Flächen, doch nie in solchen gleichförmigen Strecken, sondern von viel ungleicheren Dicken und von viel häufigeren kurzen Abwechselungen, als in den Flötzgebirgen; aber diese lassen, durch Depression von eigner Last, zum Theil auch durch Abspülungen, die nach ihrer Ablagerung erfolgt sind, und über welche sich neue Aufschlickungen gelegt haben, sich erklären. Kurz, man findet solche geneigte Lagen verschiedener Erdarten in allen Flußbetten,

und diese bestehen in der Nähe der Flötzgebirge aus schwerem Sand oder zähem Thon, weiter abwärts aus feinerem Sand und Lehm, und endlich in der Nähe des Meeres aus feinem Schlicke oder aus reinem Sande.

Daher hat der Ackerboden in den obern Flußmarschen noch einen meist thonartigen Gehalt, weiter herab ist derselbe mehr lehmartig und beide besitzen nicht die große Fruchtbarkeit, welche der feine, aus Salz oder Brackwasser niedergeschlagene Schlick der Seemarschen diesen giebt.

§. 72.

So wie überhaupt mit Verminderung des Stromgefälles, alle Verhältnisse derselben sich mehr verflächen und die größern Wassermengen sich weiter verbreiten, so erstrecken sich auch die Erdarten in ihren Verschiedenheiten weiter und gleichförmiger, als in oberen Flußdistricten, wenn nicht etwa zwischen den den Ufern nahen Anhöhen Thäler und schmale Niedrigungen sich vorfinden, die sich bis an den Fluß erstrecken, welche früher Wasser oder Moor enthielten, und in welchen erst eine spätere oder unvollkommene Aufschlickung entstanden ist.

§. 73.

Alle in kurzen Entfernungen von einander abwechselnden und oft mit verschieden abweichenden oder gar entgegengesetzten Neigungen die Flußbetten durchschneidenden Erdlagen geben nicht allein da, wo sie von dem Wasser des Flusses berührt werden und dessen unmittelbaren Wirkungen bereits unterworfen sind, die ersten Veranlassungen zu den Unregelmäßigkeiten der Strombahnen, sondern sie können auch in solchen Fällen, wenn sie nahe am Ufer, und fast

in gleicher Höhe mit dem Boden des Flußbettes, obwohl noch von andern Erdlagen des nach dem Ufer zu aufsteigenden Bodens bedeckt liegen, zu plötzlichen und unerwarteten Veränderungen in den Strombahnen Veranlassung geben, sobald sie mit dem Strome selbst zufällig in Berührung kommen. Beispiele dieser Art, wobei die Voraussicht und Erwartung der Hydrotekten getäuscht wurde, weil sie durch die Wirkungen ihrer angelegten Werke solche Erdlagen entblößt und den Einwirkungen des Stroms ausgesetzt hatten, könnte ich mehrere anführen.

Diese Bemerkungen werden hinreichen, um die Unentbehrlichkeit einer genauen Kenntniß von der Beschaffenheit der Flußbetten, zu richtiger Anwendung der Hydrotechnik zu zeigen und darauf aufmerksam zu machen:

Daß zu richtiger Beurtheilung der Strombahnen noch andere und viel umfassendere Rücksichten und Beobachtungen erfordert werden, als wovon selbst praktische Schriftsteller bisher geredet haben.

§. 74.

Da die Adhäsion der Erdtheile, des Sandes oder Graviers gegen das am Boden angezogene (anklebende) und fast ruhende Wasser, wenigstens eben so groß ist, als die Anhänglichkeit an die in der Bewegung vorübergehenden Wassertheile, beide aber in Vergleichung mit dem Volum der Erdtheile an sich nur klein sind, so müssen sie für jedes einzelne Theilchen um so unbedeutender werden, je kleiner dieses ist. Die Unterschiede zwischen beiden einander entgegen gesetzten Wirkungen der Adhäsion: 1) der am Boden des Flusses, welche das Erdtheilchen anhält, und 2) der an die bewegten Wassertheile, welche dasselbe

mit sich fortzuziehen streben, sind so klein, daß man gewiß annehmen darf, daß beide Kräfte sich aufheben und daher gar nicht in Rechnung gebracht zu werden brauchen.

Der Stoß des Wassers ist es daher allein, der das Fortschieben der Erd- oder Sandtheile bewirkt, (§. 32. II. III.) und es muß, wenn durch den Stoß der Ruhestand eines auf dem Boden des Flusses liegenden festen Körpers aufgehoben wird und dieser nun durch das kleinste Uebermaß von Stoßkraft in Bewegung geräth; das eigenthümliche Gewicht des festen Körpers $= \gamma$ — des Gewichts G des Wassers, welches derselbe aus seiner Stelle verdrängt, multiplicirt mit der Fläche f, welche er dem senkrechten Stoße des Wassers entgegenstellt, so groß sein, wie das Gewicht einer Wassersäule von gleicher Grundfläche f und von der Höhe h, welche die vorhandene Geschw. erzeugt, oder: $(\gamma - G)\, f = Ghf$ ist $(\gamma - G)\, f <$ als Ghf, so bleibt der Körper in Ruhe und weicht dem Stoße nicht aus; umgekehrt bewegt er sich mit $\frac{1}{3}$ des Ueberschusses der größern Geschwindigkeit.

Dieses stimmt mit den Beobachtungen überein, z. B. von Dubuat, welcher fand, daß im Verhältniß der eigenthümlichen Schwere oder ihres Cubischen Inhalts zu den Angriffsflächen, welche sie dem Stoße des Wassers darboten, folgende Körper erst den nebenstehenden Geschw. auswichen.

Kiesel von 2, 10 eigenthümlichem Gewicht gegen 1,00 = G.
in der Größe von 1½ Cbz. bei 3 Fuß Geschw.
— — 1 — — 2 — —
Gravier, grober — — — — 1 — —
-- feinerer — — — — — 8 bis 6 Zolle —
Sand ditto — — — — — 6 — 3 —
Thon zerkleinert — — — — — — — 3 —

Es ist leicht begreiflich, daß Körper, welche in dem

Wasser nicht auflösbar sind, allein von dem Stoße dessel- ben bewegt werden, wie Steine, Sand, Gravier u. s. w. Erdarten aber, die größere Adhäsion zu dem Wasser haben, weil ihre Theilbarkeit die Anziehungsflächen vermehrt, oder bei welchen vielleicht eine andere chemische Ursache mitwirkt, gehen eine so innige Verbindung mit dem Wasser ein, daß man dieselben nicht mehr als für sich bestehend betrachten kann und von dem Stoße gegen solche Atomen, die in allen ihren Bewegungen der ganzen Wassermasse folgen, indem sie aus anfänglicher Adhäsion in eine wirkliche Cohäsion übergegangen sind, kann nicht weiter die Rede sein. Dagegen wird die eigenthümliche Schwere G des Wassers durch eine solche Vermischung vermehrt, und es können Fälle eintreten, wo der Unterschied der Gewichte des reinen und trüben Wassers nicht außer Acht zu lassen sein dürfte.

Jene nach Beobachtungen von verschiedenen Schriftstellern gegebenen allgemeinen Angaben, werden zwar in vielen Fällen gebraucht werden können, aber bei einem jeden Flußbette ist es doch Hauptsache, dasselbe in seinen Eigenheiten genau zu kennen und Grundsätze nach eigner Ortskenntniß und Erfahrung auf dasselbe anzuwenden. Daher sind Kunstverständige, welche sich die dazu nöthigen Kenntnisse und Erfahrungen angeeignet haben, für das allgemeine Beste so wichtig und schätzbar, da sie alle Rücksichten zu beobachten und die zweckmäßigsten Mittel so zu ergreifen wissen, daß sie ihren Flußbetten eben so gleichförmige Haltbarkeit zu geben im Stande sind, wie der Landmann seinem Acker durchgängig gleiche Ertragsfähigkeit zu verschaffen sucht. Die hierzu erforderlichen Untersuchungen, werden bei den meisten Flußbetten wohl noch anzustellen sein, da die bisherigen Schriften über Strombaukunst nichts davon ver-

rathen: ob diesem Gegenstande irgendwo allgemeine oder besondere Aufmerksamkeit gewidmet worden sei?

§. 75.

Wenn der Hydrotekt an oberen Strömen, außer der mineralogischen Beschaffenheit, es besonders mit den Neigungen (Rösche, Damlege) und Richtungen (Streichen) der in der Strombahn befindlichen Erdschichten zu thun hat, so kommt es dagegen in Strömen mit Fluth und Ebbe selten auf Neigungen, sondern mehr auf die Dicke oder Mächtigkeit und die Cohäsion der verschiedenen Lagen an.

So machen in oberen Flußgegenden, auf geneigten harten Erdschichten aufgesetzte Sandlager, oder in niederen Gegenden, moorige, dargige oder sandfielige Lagen schwache Stellen in der Strombahn, welche den geringsten activen Angriffen des Stromes unterliegen; es fragt sich nun: ob solchen mangelhaften Stellen gleiche Widerstandsfähigkeit wie den andern Stellen des Flußbettes gegeben werden könne oder ob Kunst das ersetzen kann, was die Natur versagt zu haben scheint? hauptsächlich da, wo ein mechanischer Angriff nur schwach erscheint und die Beschädigungen von der Auflösbarkeit der Erden veranlaßt werden.

§. 76.

I. Daß solche Mittel, welche dem Wasser positiven Widerstand entgegen setzen, und deren Kostbarkeit mit den beabsichtigten Zwecken in sehr ungünstigen Verhältnissen stehet, nicht anwendbar sind, hat die Erfahrung an den hölzernen Höftern, Vorsetzen und ähnlichen Werken hinreichend gelehrt und man hat dieselben, besonders wegen der schädlichen Folgen, wodurch sie die Angriffe der Ufer vergrößern, schon

längst außer Gebrauch gesetzt und an ihre Stelle den wohlfeileren Faschinenbau eingeführt, ohne jedoch diesen immer zweckmäßig anzubringen. Denn da — wie schon oben erwiesen worden, die Kunst nur so anzuwenden ist, daß die Natur das in der Bewegung des Wassers zu weit aufgehobene Gleichgewicht selbst wieder herstelle, so können die inclinirenden Einbaue da nur als das einzige zweckmäßige Mittel, um schwache Stellen der Flußbetten unter Schutz zu stellen und ihnen gleiche Haltbarkeit, wie andere Lagen derselben besitzen, zu geben, allein nur gebraucht werden, wenn ein Stromstrich unter merklichen Winkeln einfällt.

II. Ueberhaupt aber giebt es sehr verschiedene Gradationen und Modificationen, unter welchen die Hydrotechnik ihre Mittel anzuwenden hat.

Von solchen Lagen an, worin ein Strom anfängt, lockere Erdarten oder feinen Sand bei geringen Geschw. aufzulösen oder fortzuschieben, und dadurch die ersten Veranlassungen zu größeren Unregelmäßigkeiten zu geben, bis dahin wo derselbe in merklichen Winkeln einfällt und ein schon angegriffenes steiles Ufer bankweise abbricht, giebt es eine große Menge verschiedener Zustände, welche alle besondere Behandlung verlangen, damit die anzuwendenden Mittel weder unzureichend, noch für den Zweck überflüssig und zu kostbar angeordnet werden. Dabei hat der Hydrotekt wohl zu unterscheiden, ob es die in sich schlechte Beschaffenheit des Erdreichs im Flußbette allein sei? welche Vertiefungen und unregelmäßigen Andrang an eine Uferseite verursacht, oder ob diese von einer früher schon vorhandenen Abweichung der mittlern Stromstriche durch ähnliche Ursache oder äußere Veranlassungen herrühre? oder endlich ob beide Umstände zusammen vereint wirken?

III. Die ungünstigste Beschaffenheit eines Terrains zu Unterhaltung einer regelmäßigen Strombahn, findet sich in dem noch beinahe flüssigen Moor oder Schlammboden, den man häufig in wirklichen Mooren, Moorwiesen und Brüchern antrifft, und in welchen zuweilen auf Tiefen von 20 — 40 Fuß noch kein harter und fester Boden sich zeigt. Hier haben die Ufer keine Festigkeit, und der weiche Boden steigt oft auf, wodurch ein Fluß, der durch solches Terrain fließen muß, leicht beengt und aufgehalten wird. Gleichwohl zeigt auch hierbei die Natur einen Weg, wie solche Flußbetten wohl zu behandeln sein möchten? Denn oft sieht man, wenn Bäche, welche Sand oder Gravier mit sich führen, in ein solches Moor oder einen durch dasselbe gehenden Fluß einfallen, daß soweit, als die Ablagerungen des genannten Materials reichen, der Fluß sich rein erhält. Es ist also der Druck des schweren Gravier's die Ursache, welche das Aufsteigen des weichen Grundes verhindert, und diese Erfahrung läßt sich benutzen, um ein solches Flußbett im guten Stande, selbst für Schifffahrt zu erhalten, wie ich dies verschiedentlich mit gutem Erfolge auf folgende Art bewirkt habe.

In einem 2 Ruthen breiten Canale der durch ein Moor nach einem See zu ging, und in welchem man nur mit großer Beschwerlichkeit mit Böten oder Kähnen wegen der angezeigten Ursachen fahren konnte, ließ ich Faschinenlagen, welche auf einem Roste von Würsten ausgelegt, mit einer Spreutlage geebnet und mit aufgenagelten Würsten verbunden waren, vermittelst aufgebrachten Gravier versenken und die Ufer mit kleinen Packwerken einfassen. Der Erfolg war vollkommen, der Canal erhielt sich rein und mehrere Wassergewächse verschwanden gänzlich, obgleich besonders

von den Nymphäen, alle Wurzeln im Grunde geblieben waren.

IV. Wäre der Boden fest genug, um den Gravier tragen zu können, ohne denselben versinken zu lassen, so kann man die Faschinen-Unterlage füglich weglassen, die Ufer wird man aber in den meisten Fällen befestigen müssen.

Daß diese Vorkehrungen nur bei Canälen oder andern Wasserläufen z. B. Mühlgräben, wobei der Zweck die Kosten belohnet, anwendbar sind, und im Großen nicht mit hinlänglichem Nutzen gebraucht werden können, ist leicht zu übersehen; dagegen wird es immer nützlich sein, wenn man solchen Flüssen, welche ihrer Lage nach nur geringe Gefälle haben können, die Eigenschaft, Wassergewächse üppig zu ernähren, benehmen kann.

V. Nach meinen Beobachtungen verlangen alle diejenigen Wassergewächse, welche die Flußbetten verunreinigen und den Lauf des Wassers am meisten verzögern können, die Arten: Typha, Arundo, Sparganium, Juncus, Scirpus, die Nymphäen, Potamogeton und einige Ranunkel-Arten, einen guten Klei-, Lehm- oder Mergelboden, und stillstehendes Wasser. Man findet sie daher in magerm Boden nur kümmerlich und einzeln stehend, und sie verbreiten sich von den Ufern aus, wo sie ruhiges Wasser haben, nur auf gewisse Weiten bis gegen die Stellen, wo ihnen die Bewegung der Stromstriche zu schnell wird, und deßhalb können sie in schnell fließendem Wasser nicht fortkommen, hingegen gewinnen sie gegen langsamen Fluß des Wassers leicht die Ueberhand. Die meisten derselben wachsen auch nur aus bestimmten Wassertiefen, z. B. Arundo Phragmites bei keiner größeren Tiefe, als von 6 Fuß. Man hat daher in diesen Eigenschaften der Wassergewächse

selbst die Mittel zu ihrer Vertilgung zu suchen und unter diesen möchte die Anwendung des Graviers oder Steingruses für kleine Canäle und solche geringe Geschwindigkeiten, die diese Materialien selbst nicht fortbewegen können, zweckmäßig sein.

VI. Solche Umstände kommen bei größeren Flüssen nicht vor und es sind hauptsächlich nur die Krümmungen, welche aus der schlechten Beschaffenheit des Erdreichs entstehen, sich vermehren und die Stromgeschwindigkeiten vermindern, die man vermeiden oder verbessern will.

Wenn nun solche Krümmungen von der, in einer kurzen Strecke sich vorfindenden schlechten Beschaffenheit des Erdreichs zu entstehen anfangen oder sich vergrößern; so hat man zuerst zu untersuchen, ob die Möglichkeit vorhanden sei, den schlechten Stellen eine, wenigstens eben so große subjective Widerstandsfähigkeit zu geben, als die andern Ufer haben, welche unter gleichen Umständen sich unbeschädigt erhalten?

Dies kann durch keine Mittel zuverlässiger erreicht werden als durch Senklagen, welche im Verhältniß zu den größern Stromgeschwindigkeiten, mit gröberen und schwererem Füllmaterial versenkt und beschwert werden müssen.

Es wird jetzt wohl keinem Wasserbaumeister mehr einfallen, diesen Zweck durch Senkwasen erreichen zu wollen, da so viele Erfahrungen die Unzulänglichkeit dieses Mittels, welches in den meisten Fällen das Uebel viel ärger macht, bewiesen haben. Den Ufern selbst kann man in solchen Lagen durch die bekannten Deck- oder wirklichen Packwerke den erforderlichen Grad von subjectiver Widerstandsfähigkeit ertheilen.

VII. Mit diesen Mitteln kann ein Strom so lange

in einem regelmäßigen Laufe erhalten und gewissermaßen wie ein Canal behandelt werden, als nicht äußere Ursachen hinzukommen, welche die Richtungen desselben verändern, dieselben gegen die Ufer dirigiren und die Geschwindigkeiten vermehren.

Anmerkung. Ich muß hier erinnern: daß ich für jede untere Uferstrecke, auch die durch eine oberhalb vorhandene subjective Ursache veränderte Richtung des Stromstrichs, als von einer äußern Ursache veranlaßt, betrachte (§. 35. I.), weil jene erzeugende Ursache auf die untern Ufer keinen andern Einfluß weiter hat, als die absolute Wirkung der für sich nun schon bestehenden Richtung des veränderten Stromstriches.

VIII. Wenn aber größere Stromgeschwindigkeiten, verbunden mit schiefen Richtungen auf die Uferlinien, die Hauptstromtiefen einem Ufer so weit genähert haben, daß der Abhang des Ufers nach dieser Tiefe nur noch einen Winkel von 45° hat, so ist es vergebens mit den (VI.) genannten Mitteln gegen solchen Angriff sich zu vertheidigen. Denn obgleich man Flüsse hat, welche in Thon-, Lehm- oder Kleiboden fließen, wie die Trave, Stör, Oste und in denselben ihre Ufer fast senkrecht erhalten, so ist dies doch nur Folge der geringen Geschw. in Verbindung mit dem bei ihren Tiefen an beiden gegenüberstehenden Ufern fast gleichen Seitendrucke des Wassers. Fänden in denselben größere Geschw. statt, so würde, wenigstens in den schon vorhandenen Krümmungen, der Erfolg sich ganz anders ausweisen.

IX. Gegen solchen Angriff (VIII.) kann man sich auf die Dauer durch keine andern Mittel vertheidigen, als mit denen, welche nicht allein die angegriffenen Stellen für

den ersten Augenblick beschützen, sondern auch einen großen Theil von der Kraft des Angriffs für immer vernichten und zwischen dem Reste derselben und der zugleich beschafften subjectiven Haltbarkeit der Ufer, das Gleichgewicht wieder herstellen. Daß dieses allein nur durch inclinirende Einbaue zu bewerkstelligen sei, ist oben gezeigt worden.

X. Es würden also nur noch die Grenzen zu erwägen sein, wie weit die blos defensiven Bauarten mit Deck- und Packwerken sich erstrecken können, wenn sie einen ihren Kosten gleichen Nutzen gewähren sollen, oder wann man mit Werken anfangen darf, die zugleich einen Theil des Angriffs decomponiren?

Die Kosten und der Nutzen der Wasserbauwerke sollen zu einander in gutem Verhältnisse stehen, ungeachtet es eigentlich kein Nutzen genannt werden kann, wenn man durch dieselben mit Kosten-Aufwand nur das conservirt, was man bereits besaß. Doch wären damit auch wirkliche Vortheile z. B. für die Schiffahrt zu erreichen, so werden auch diese desto angenehmer sein, wenn sie mit geringern Kosten erworben werden, oder mit einem Worte, Wohlfeilheit führt bei der Wahl verschiedener Bauarten eine entscheidende Stimme.

Man hat daher bei jeder örtlichen Lage zuerst die Längen und Breiten der zu vertheidigenden Uferstrecken auszumessen, dann nach Maßgabe der Ufer-Abhänge die erforderliche Bauart mit Deck- oder Packwerken nebst deren cubischem Gehalt zu bestimmen und dieses Ergebniß mit den Längen der Uferstrecken, welche nach §. 42. durch inclinirende Einbaue unter Schutz gestellt werden können und deren cubischem Inhalte und Kosten zu vergleichen, um zwischen diesen drei an sich erprobten und zulässigen Bauarten die

zweckmäßigste Wahl zu treffen oder auch nach Umständen dieselben mit einander zu verbinden.

XI. Nach solchen Untersuchungen wird man im Allgemeinen finden, daß obere Flüsse viele Gelegenheiten darbieten, wobei man die Ufer theils mit den ersten einfachen Mitteln noch vertheidigen, theils provisorisch decken kann; daß dieselben aber an Flüssen mit Fluth und Ebbe nur selten, und z. B. an der Nieder-Elbe unterhalb Glückstadt, niemals und unter keinerlei Bedingung angewendet werden können und daß es bei solchen Differenzen zwischen Fluth und Ebbe von 12 — 14 Fuß keine anderen wirksamen und dabei unschädlichen Mittel giebt, als inclinirende Einbaue. Denn da hier die Ufer des Ebbe- und Fluthstroms oft so sehr von einander verschieden sind, (§. 47. I. Anmerk.) beide Ströme aber wegen der dem einen oder andern Ufer schon zu nahe liegenden Tiefen in ihrem natürlichen Verhalten eingeschränkt werden, so wirkt der Ebbestrom an mehrern Stellen mit solcher Gewalt, gegen welche blos defensive Werke an sich nicht aushalten können, (wenn man auch gar nicht auf die anderweit offenbare Unmöglichkeit, solche ausgedehnte Uferstrecken mit Deckwerken zu beschützen, sehen wollte) und es bleibt hier nichts Anderes übrig, als die Eigenschaften des Wassers, sein Gleichgewicht wieder herzustellen, in Anspruch zu nehmen.

§. 77.

Man möchte vielleicht erwarten, daß ich mich hier noch weiter über die Widerstands-Fähigkeiten einzelner Erdarten und überhaupt über das mechanische Verhalten der rückwirkenden mineralogischen oder chemischen Beschaffenheiten derselben verbreiten würde; allein dieses möchte für den Zweck

dieser Schrift zu weitläuftig und unnütz werden, da ein praktischer Hydrotekt sich nicht davon dispensiren darf, diese Kenntnisse im Zusammenhange zu erwerben.

Danach wird man aber auch die Stellung eines Wasserbaumeisters, der mit diesen Kenntnissen ausgerüstet, ganze Stromdistricte richtig zu beurtheilen versteht, wichtig genug finden und besonders in bestimmten Localitäten erworbene Erfahrungen zu schätzen wissen, da nur mit dieser Wissenschaft der wahre Zustand einer Flußlage erkannt, die richtigen Mittel erwählt und Schaden und Noth abgewendet werden können.

Zweiter Theil.

Geschichte der Wasserbauten zu Brunsbüttel in der Landschaft Süder-Dithmarschen.

Vorrede.

Man ist gegenwärtig allgemein darüber einverstanden, daß in allen praktischen Wissenschaften die Theorie nichts Anderes sein kann und darf, als die aus unläugbaren Erfahrungen gesammelten Lehrsätze, welche durch ihre Anwendung in allen Fällen sich schon als richtig bewährt haben. Wo dieses letzte Kennzeichen fehlt, ist entweder eine unrichtige Theorie zum Grunde gelegt, oder eine verkehrte Anwendung derselben gemacht gewesen. In keiner Wissenschaft hat man sich bisher mit schwankendern Grundsätzen beholfen und in keine haben die Schriftsteller so viele unhaltbare Ideen hineingetragen, als in die Wissenschaft des Strom- und Uferbaues; theils weil Viele sich von vorgefaßten irrigen Begriffen nicht losmachen konnten und Andern (bloßen Litteraten) der praktische Scharfblick fehlt, theils weil eigentliche Praktiker, welche wohl im Stande wären, aus eignen Erfahrungen

Wahrheiten mitzutheilen, dazu selten Lust und Muße haben; kurz, die Wissenschaft, so wie sie jetzt noch ist, hat in schwierigen Fällen die ihrer Hülfe Bedürftigen noch häufig im Stiche gelassen und das nicht geleistet, was man von ihr zu fordern berechtiget war.

Diese Behauptung scheint wohl hart zu sein, allein sie ist leider nur zu wahr und es wird Niemand aus der Geschichte der Wasserbaukunst solche Beweise für die Zulänglichkeit dieser Wissenschaft nach ihrem jetzigen Stande beibringen können, als ich von dem Gegentheile in nachfolgender Geschichte der Wasserbauten bei Brunsbüttel darzulegen habe. Demnach wird die Mittheilung solcher Erfahrungen, welche sowohl das Gelingen als das Mißlingen einzelner Unternehmungen mit den bei einer jeden obwaltenden Umständen, getreulich erzählt, mehr zu Festsetzung dessen, was in der Wissenschaft als ausgemacht angenommen werden darf, beitragen, als die bisher gebräuchlichen Raisonnements.

Die Geschichte der Wasserbauten bei Brunsbüttel ist dazu besonders geeignet, weil nirgends in größerem Verhältniß gearbeitet worden ist und alle bekannten Mittel daselbst successive angewendet worden sind, auch die berühmtesten Hydrotekten ihrer Zeit dabei Rathschläge ertheilt haben.

Der Verfasser dieser Schrift darf sich auch wohl zu einer Beurtheilung dieser Sache befähigt halten, da er nicht allein an der Ost- und Nordsee, an der Elbe und Eider, sondern an vielen obern Strömen, der Ober-Elbe bis in Böhmen, an der Saale, Weser, Werre, Bega beobachtet, und nicht etwa als flüchtiger Reisender, sondern als thätiger Rathgeber und Anordner, jahrelang gearbeitet und da er bei mehr als 40jähriger Thätigkeit, Gelegenheiten gehabt hat,

auf Umstände aufmerksam zu werden, die vor ihm noch nie gehörig gewürdiget zu sein scheinen.

Nicht allein in Hinsicht der Uferbeschützung stellen sich die Süder-Dithmarsischen Wasserbauten bis 1806 so wichtig dar, sondern überhaupt in dem ganzen Deichbauwesen hat die daselbst herrschende Ordnung die bestmöglichsten Erfolge gezeigt. Denn, nachdem man sich durch die vielfachen Erfahrungen älterer Zeiten, welche in mehrern handschriftlichen Chroniken aufgezeichnet zu finden sind, besonders aber durch die hohen Fluthen vom 25. Decemb. 1717 und 11. Sept. 1751 hatte belehren lassen, wie hoch solche Fluthen steigen könnten, und da man einsah, daß die bisherige Höhe der Deiche gegen dieselben zu klein sei, so war man vor allen andern Rücksichten bemühet, den Deichen die erforderlichen Höhen von 22 — 24 Fußen zu geben, und brachte diese mit großen Anstrengungen bis 1782 zu Stande.

Dadurch ist das Land so gut gesichert worden, daß in den hohen Fluthen von 1792 — 93, 1806, 15. Novbr. 1824 3., 4. Febr. 1825 keine anderen Beschädigungen vorgekommen sind, als die bei jedem anhaltend hohen Wasserstande von dem Wellenschlage verursachten, unvermeidlichen Abschälungen an den Berockungen der Deiche.

Es waren zwar nur gewöhnliche Landmesser, unter deren Anweisungen diese Arbeiten gemacht wurden, doch besaßen diese mehr Kenntnisse und Erfahrungen als viele sogenannte Wasserbaumeister und der richtige Blick und der gute Wille vieler einzelner Glieder der Deichscommunen, trug wohl das Meiste zu Erreichung dieses Zieles bei. Wo ein solcher Eifer der Deichs-Interessenten fehlt, da werden die besten Anlagen sich nicht lange erhalten und Verbesserungen nicht leicht zu Stande gebracht werden. Die große Menge der

am 15. Novbr. 1824 und 3. und 4. Febr. 1825 vorgekommenen Deichbrüche und Ueberschwemmungen scheinen die traurige Bemerkung zum Nachtheile der Wissenschaft zu bestätigen, daß da, wo die Deichs-Aufsicht angestellten Sachverständigen anvertrauet war und wo die Communen dieselbe nicht mehr nach alter Art, durch selbst gewählte Mitglieder besorgten, die Beschädigungen und Ueberschwemmungen häufiger und verderblicher gewesen sind. Sollte man danach nicht glauben, der Weg, welchen bloße Erfahrungen zeigen, sei immer noch sicherer als derjenige, den die Wissenschaft bisher vorgezeichnet hat?

Geschichte der Wasserbauten bei Brunsbüttel.

Der Strom der Elbe theilt sich bekanntlich bei der Insel Krautsand (Krutsand) in zwei Arme, welche die Norder- und Süder-Elbe genannt werden, und die sich unterhalb dieser Insel wieder vereinigen.

Nach der vereinten Richtung dieser beiden Ströme, müßte der Hauptstrom zwischen Brocktorf und St. Margrethen das rechte Ufer treffen, da aber eben unterhalb der Wiedervereinigung beider Elbarme, der oft sehr wasserreiche Störstrom von dieser Seite in die Elbe einmündet, so wird diese dadurch umgebogen und ihre eigene Richtung soweit verändert, daß der Hauptstromstrich derselben das nordöstliche Ufer erst unterhalb des Holsten-Grabens am Brunsbütteler Neuen-Kooge trifft, und sein Angriff sich bis unterhalb der Deichecke bei Priggenhause erstreckt.

Die Geschwindigkeit, mit welcher die vereinigten Ströme bei der Ebbe fließen, ist so groß, daß in ihrem mittelsten

Stromstriche sich Tiefen von 70 — 72 Fuß finden, da doch die Normaltiefe der Elbe in dieser Gegend nur 36 Fuß beträgt. Dadurch ist nun schon an sich ein starker Angriff des Ufers am Neuen-Kooge vorhanden, es wird derselbe aber durch die Beschaffenheit des Grundes daselbst noch bedeutend vermehrt. Denn da gerade hier der ganze Neue-Koog über die Fortsetzung des hohen und kleinen Moores aufgeschlickt ist und die Moorlage unter dem oberen Kley sich bis in das gegenwärtige Bette der Elbe erstreckt, wie dies eine Senkung des Deiches bewiesen hat, bei welcher außen auf dem Watt der Moorgrund in die Höhe gedrückt worden war; so kamen hier alle Umstände zusammen, welche die Annäherung des Stromes an diese Seite nicht blos begünstigen, sondern nothwendig verursachen mußten, da die von der Richtung des Stromes herangedrängte Tiefe bei der vorhandenen Beschaffenheit des Grundes im Flußbette sich so leicht vergrößern konnte. Es war hier eine ähnliche Lage wie z. B. bei Wesel, wo der Rhein von Ellwerick herab seine Richtung gegen das untere rechte Ufer nimmt und durch die Einmündung der Lippe zwar abgehalten, in der Vereinigung beider Stromstriche so große Tiefen erzeugt, wogegen auch dort die Hydrotechnik mit verkehrten Mitteln angekämpft hat.

Durch die Abbeugnung des Elbstroms von der Stör ist das Ufer der Wilster-Marsch so unter Schutz gestellt worden, daß sich unterhalb des Zusammenflusses Untiefen und blinde Platen finden. Die natürliche Wirkung aller Flüsse, welche das, aus den vermehrten Tiefen weggeführte Material seitwärts ablagern, ist auch hier nicht ausgeblieben, und es ist daher besonders an dem linken Ufer bei Freiburg die große Sandbank der Sagelshörn entstanden,

die sich noch immer vergrößert. Mit der Vergrößerung des Sagelshörn wird die Breite des Flußbettes immer mehr eingeschränkt und daher muß die Tiefe sich immer mehr an das rechte Ufer hinziehen; es ist also nicht eher an einen Zustand der Sicherheit zu denken, als bis man weiß, daß der Sagelshörn nicht mehr zunimmt, oder bis man Mittel gefunden hat, die annähernden Tiefen abzuhalten, oder wenigstens unschädlich zu machen. Denn da zwischen dem Sagelshörn und dem rechten Ufer die ganze Wassermasse der Elbe durch ein engeres Profil ablaufen muß, so kann dies nicht anders, als durch vermehrte Tiefe geschehen, und es kömmt nur darauf an, diese Tiefe soweit von dem Ufer abzuhalten, daß sie demselben nicht nachtheilig werden kann, weil hier keine Mittel stattfinden können, den Sagelshörn selbst auf irgend eine Art anzugreifen oder seine Verbreitnng direct zu verhindern.

Es ist eine so lange Zeit verflossen, seitdem der andringende Stromstrich gegen das Dithmarsische Ufer sich gewendet hat, daß darüber die historischen Data fehlen, indem man, bei dem ehemaligen schlechten Zustande der Wasserbauwissenschaft, die Aufmerksamkeit allein auf Sturmfluthen und die Deiche wandte; und den Ebbestrom noch gar nicht für einen Feind ansah. Soviel ist aber gewiß: daß durch den Angriff des gegen das rechte Ufer andringenden Elbstroms, alles Vorland weggerissen und die Deiche nach und nach so angegriffen worden waren, daß man in dem Zeitraume von 1565 bis 1717 eilf Einlagen hatte machen und 1500 Morgen à 600 □ R. bebautes Land dem Strom hatte überlassen müssen. Den ehemaligen Flecken Brunsbüttel hatte man ebenfalls aufgeben müssen, und

denselben, nach gemachter Deich-Einlage auf seiner jetzigen Stelle wieder erbauet.

Auf ähnliche Art waren die in ältern Nachrichten angeführten Kirchspiele Sandföhr und Süderbüsum gänzlich verloren gegangen und ein Raub der Fluthen geworden. Ob dies gleich bei dem damaligen unvollkommenen Zustande der Deiche, hauptsächlich den Sturmfluthen zuzuschreiben sein mag, so hat doch auch dabei der Andrang des Stromes mitgewirkt; nur ist es nicht mehr auszumitteln, welcher Zustand in Hinsicht der Ausmündung der Elbe, vor der Zeit, ehe die Stör eingedeicht worden ist, vorhanden gewesen sein mag; und welche Veränderung dieselbe seit jener Zeit erlitten?

Solche Veränderungen sind aber vorgegangen, wie dies die Entstehung der Marschen im Allgemeinen schon beweiset.

Den ältesten Sagen nach, welche mit einem Blick auf die Gegend selbst sich bestätigen, ist ehedem der Fluß der Elbe, oder wenigstens ein Arm derselben, dicht unter den Geestbergen bei Burg und Kuden hingegangen und Burg selbst ist damals zu den am Strande gelegenen Dörfern gezählt worden, und jetzt liegt dasselbe beinahe zwei Meilen von dem nächsten Ufer der Elbe entfernt. Sehr viele Spuren zeigen es jetzt noch deutlich, daß einstmals der Strom der Elbe an diesen Bergen oder an dem sogenannten Kleve entlang gegangen sein muß, und daß die Moorstriche von Wilster an bis nach Kudendorf und die noch vorhandenen Wasserstellen, als der Kuden-See, Eddelacker-See und die ganze Niedrigung hinter den Donnen, damals noch Wasserfläche war, als sich in der Gegend von Brunsbüttel und St. Margrethen und abwärts nach Trennenwurth und Barlt schon hohe Marsch erzeugt hatte, und diese schon be-

bauet und bewohnt war. Ja es ist sehr wahrscheinlich, daß hier ein einzelner Arm der Elbe, welcher seinen Abfluß durch das Kronloch und die Miel nahm, noch im Zuge war, als die übrige Marsch schon größtentheils ihre jetzige Höhe erreicht hatte. Erst als dieser Arm an seinem Ausflusse sich zu verschlicken anfing und sein Strom aufhörte, verwandelten sich die vormaligen Wasserstellen in wirkliches Moor.

Eben so kann man fast mit Gewißheit annehmen, daß in der niedrigen Gegend von den Geestbergen an, über Passup nach St. Margrethen und Brocktorf noch lange Wasser stand, als bei Brunsbüttel bereits hohe Marsch vorhanden war, und daß in demselben sich die noch vorhandenen Hühner, Oester und das kleine Moor erzeugten, wovon späterhin ein Theil in dem jetzigen neuen Koog mit Klei überschlickt und zu Marsch wurde.

Zu solchen Veränderungen, die von der Natur selbst herbeigeführt worden sind, haben Jahrhunderte Zeit gehört, wie viele andere Beispiele zeigen, aber überall findet man in dem Verfahren der Natur eine solche Uebereinstimmung, welche beweiset, daß ihre Gesetze unveränderlich sind. Vergleicht man mit der Umgestaltung dieser Gegend die Veränderungen, welche schon vor Jahrtausenden an den Mündungen anderer Flüsse bemerkt worden sind, so wird man das Verhalten der Natur überall gleichförmig finden. Die Ausflüsse mehrerer Ströme in Klein-Asien und die Lage verschiedener Städte, die nach den Beschreibungen der Alten unmittelbar am Meere lagen, findet man jetzt völlig verändert, die Ausflüsse der Ströme gleichen den Beschreibungen nicht mehr, und die Ruinen jener Städte liegen meilenweit landeinwärts. Aehnliche Veränderungen, die schon lange

vor seiner Zeit vorgegangen waren, beschreibt schon Plinius Hist. nat. L. 2. c. 9.

Natura rursus insulas abstulit mari, iunxitque terris Antissam Lesbo; Zephygrium Halicarnasso; Ethiusam Mindo; Domiston et Priene Mileto; Arthemisiam Parthenio promontorio. Hybanda, quondam insula, nunc a mari abest CC stadiis; und schon vorher L. 2 c. 87.

Eadem nascentium causa terrarum est; cum idem ille spiritus (sc. terrae motus) attollendo potens solo, non valet erumpere. Nascuntur enim, *nec fluminum tantum invectu*, *sicut Echinades insulae ab Acheloo amne convectae*, *majorque pars Aegyptiae a Nilo*, in quam a Pharo insula, noctis et diei cursum fuisse Homero credimus etc. und neuere Reisebeschreiber haben ähnliche Naturveränderungen in allen Gegenden des Erdbodens gefunden.

Wenn in einem solchen, von dem Wasser selbst erzeugten Lande wieder Veränderungen an den begrenzenden oder durchschneidenden Strömen vorgehen, so muß dazu eine von der vorigen Tendenz derselben verschiedene Ursach vorhanden sein.

Hier könnte ich nun von den großen Verwüstungen, welche durch Sturmfluthen gemacht worden sind, weitläuftiger reden und erzählen, wie ganze bebauete Landstriche, z. B. der Dollard, Nordstrand und der ganze ehemalige westliche Marschdistrict Dithmarschens, von dem Wasser wieder verschlungen worden sind; da aber die Unzulänglichkeit der ältern Deiche hiervon hauptsächlich die Veranlassung war, und weil man durch viele traurige Erfahrungen überzeugt, erst später einsehen lernte, daß es gegen Sturmflu-

then kein sicheres Mittel gebe, als Deiche von einem, den höchsten Fluthen angemessenen Bestick, so will ich davon hier noch nichts weiter erwähnen.

Die ersten Ursachen der Veränderungen in den Stromstrichen liegen meistens in den abwechselnden Beschaffenheiten des Grundes in dem Flußbette selbst, dann in dem Einflusse einmündender Ströme und endlich in künstlichen Anlagen, Einbauen und dergl. Bei allen diesen Veranlassungen vergrößert die ungleiche Beschaffenheit des Grundes die widrigen Wirkungen am häufigsten, und im Gegentheile verursachen schlechte Richtungen der Seitenströme- und fehlerhafte Lagen der Schutzwerke in einem festen und gleichförmigen Boden des Flußbettes, oft nur unbedeutende Veränderungen.

Weil die nachtheiligen Folgen eines veränderten Stromstrichs nur dann erst sichtbar werden, wenn der Strom seine schädliche Bahn sich beinahe gänzlich bereitet hat und er im Stande ist, fortwährend mit Nachdruck zu wirken, so entsteht die Aufmerksamkeit auf den Verlust auch erst dann, wenn der Strom schon zu mächtig geworden ist und ihm nur mit starken und kostbaren Gegenmitteln begegnet werden kann.

Dies war auch der Fall bei Brunsbüttel. Die Elbe hatte ihre Richtung gegen das Ufer genommen, und ihr Andrang war so stark geworden, daß man bei der damaligen Unkunde der Wasserbaukunst und der wirklich großen Gefahr eine Einlage des Deiches für nothwendig gehalten und das Land bis an den jetzigen Deich, dem Strome preisgegeben hatte. Der Strom bediente sich bald der gegen ihn gehabten Nachsicht, und in kurzer Zeit wurde die Stelle des ehemaligen Fleckens Brunsbüttel von der Elbe ver-

schlungen. Das Land mußte aber aus einer guten Marscherde bestanden haben, denn noch in den Jahren von 1780 bis 90 hatte man die Stelle des vormaligen erhöheten Kirchhofes bei hohler Ebbe bemerken können.

Damals hatte man nun zwar angefangen auf die Annäherung des Stroms aufmerksamer zu sein und dieselbe zu beobachten, aber diese Beobachtungen waren theils nur einzeln angestellt worden und man war dabei nicht von richtigen Grundbegriffen ausgegangen, theils hatte man zu den Messungen nicht einmal einen festen Punkt a quo angenommen. So findet sich in den ältern Pegelungen von mehreren Jahren, fast immer einerlei Abflächung des Schlickwattes; aber darauf, daß dasselbe sich dem Deiche immer mehr nähere, hatte man erst Rücksicht genommen, als dieses gar zu augenfällig geworden war. Alte Leute wußten sich zu erinnern, daß sie in ihrer Jugend auf der Stelle, wo nun der Strom nahe am Deiche war, einen Scheibenstand gehabt hatten, und daß das Vorland daselbst noch 30 — 70 Ruthen breit gewesen war. Man mußte daher auf Mittel denken, den Andrang des Stromes abzuhalten, und es wurde dazu der Justizrath **Hunrichs** aus Oldenburg berufen.

Nach dessen Vorschlägen sollten 7 Höfter vom Holsten-Graben an bis nach Priggen-Hause in derselben Art, wie sie in seiner Anleitung zum Deich-, Siel- und Schlengenbau beschrieben stehen (Tom. 2. p. 258 — 265, 368) gebauet werden. Das erste Höft wurde 1756 geschlagen und es kamen in den folgenden Jahren nur noch drei andere zu Stande, theils weil ihre Kostbarkeit die Kräfte der Commune überstieg, theils weil man sich von ihrer Wirkung erst überzeugen wollte.

Diese entsprach aber den gehegten Erwartungen in keinem Stücke, vielmehr verstärkten sich die widrigen Wirkungen des Stroms in auffallender Maße. Es entstanden auf beiden Seiten der Höfter tiefe Rinnen und vor denselben Kölke, und das zwischen ihnen liegende Watt, welches sich vorher immer glatt und in gleicher Abflächung erhalten hatte, wurde nun rauh und schartig. Zuletzt brach der Strom hinter den Höftern durch und die Gefahr wurde immer größer, so daß man wegen der Erhaltung des Deiches wieder besorgt sein mußte.

Wie man solche verkehrte und zweckwidrige Anlagen machen konnte, dies wird nur aus der Unkunde in der Wissenschaft selbst, und aus dem Zutrauen zu einem in öffentlichem Amte stehenden Sachverständigen erklärbar. Hätte H. sein Werk damals schon in Druck herausgegeben gehabt, so würde das landschaftliche Collegium wohl eingesehen haben, daß es H. an gründlichen Vorkenntnissen und noch mehr an gesunder Beurtheilungskraft gänzlich fehlte. Inzwischen drang sich diese Ueberzeugung den zu der Besorgung dieser Wasserbauten committirten Mitgliedern des landschaftlichen Collegii von selbst auf, nachdem sie gesehen hatten, daß alle in 20 Jahren aufgewendeten Kosten vergebens ausgegeben waren, und mit allen bisherigen Vorkehrungen das Uebel nur ärger gemacht wurde. Man beschloß daher andere Sachverständige um Rath zu fragen, und wendete sich deßhalb an den Oberdeichgrafen Renner zu Wischhafen, einen wegen seiner gründlichen Wissenschaften und praktischen Kenntnisse in gutem Rufe stehenden Mann, dem man nach bereits erlangter Kenntniß des Verhaltens des Stromes nun schon bestimmte Fragen vorlegen konnte. Ein darauf am 31. Aug. 1779 ertheiltes Gutachten fiel dahin aus, daß die

Höfter ihrer Construction und ihrem Materiale nach, durchaus nicht geeignet wären, einen einfallenden Strom zu schwächen, abzuweisen und ein schartiges Ufer zu verbessern, indem der beinahe senkrechte Widerstand, welchen sie der Wassermasse entgegen stellen, nur Gelegenheit zu mehrerer Wirkung in die Tiefe gäbe. Bei den von Hunrichs angelegten Höftern wäre dies um so mehr der Fall, da sie außer ihrem verticalen Widerstande den einfallenden Stromstrich auch horizontal rechtwinkeligt aufhielten. Diese Angabe wurde von den damals schon allgemein bekannten schlechten Wirkungen der Höfter und die schartige Oberfläche des Watts nicht allein bestätigt, und die Unzweckmäßigkeit derselben anerkannt.

Schon vorher hatte man, ohne noch das Ganze ins Auge zu fassen, an dem einen Höft, wo zwischen der Spitze desselben und einem vorgeworfenen Steinrücken, ein tiefer Kolk eingerissen war, nach Renner's Rath eine Ausfüllung mit Senkwasen und Bekleidung der Seiten des Höftes mit Buschwerk gemacht, und dabei den Faschinenbau zuerst kennen gelernt, woher dieses Höft den Namen Schlengenhöft erhielt; zugleich hatte man sich aber auch überzeugt, daß diese Bauart nicht sehr wohlfeil sei, und daß man bei derselben mit Umsicht zu Werke gehen müsse.

Anstatt der Höfter brachte der Obdg. Renner Kribben oder Schlengen von Buschwerk und Faschinen in Vorschlag, und es sollten dieselben wie gewöhnliche Treibbuhnen zu Abweisung des Ebbestroms unter einem stumpfen Winkel gegen das obere Ufer angelegt werden, damit der Stromstrich einen kleinen Einfallswinkel mit der Schlenge mache. Zugleich waren noch einige Vorsichtsmaßregeln wegen Abflächung des Ufers u. s. w. empfohlen, aber die Größe des

Winkels so wenig, wie die Stellen, wo diese Werke eigentlich liegen sollten, bestimmt worden.

Zu derselben Zeit wurde über denselben Gegenstand auf Veranlassung der königl. Rentkammer, welche wegen zu leistender Beihülfe sich vorher von dem Zustande der Sache unterrichten wollte, von dem Professor Tetens in Kiel, unterm 29. Sept. 1779 ein Gutachten abgegeben.

T. hatte, um darüber Bericht abstatten zu können, eine Reise nach Dithmarschen gemacht und den Zustand der Deiche und Wasserwerke besichtiget, auch bei dieser Gelegenheit zum ersten Male in seinem Leben Faschinenwerke an der Eider gesehen. Er stellte sich vor, daß seine Meinung bei dieser Sache allein entscheidend sein müßte, behandelte daher die landschaftlichen Beamten gleich bei seinem ersten Auftreten ganz de haut en bas und wollte seinen Vorstellungsarten Auctorität verschaffen, ungeachtet man in Dithmarschen die Unhaltbarkeit seiner, größtentheils von Hunrichs entlehnten Aeußerungen, längst aus Erfahrung kannte. Am Ende war er freilich verwundert, bei den Landleuten solche Intelligenz zu finden, welche die Worte *eines* Professors nicht ohne hinlänglichen Beweis aus Erfahrungen annehmen wollte. Diese Differenzen gaben später zu der Schrift: Reise in die Marschländer, Veranlassung, deren Absicht mehr dahin geht, die in Dithmarschen gemachten üblen Eindrücke zu verwischen und scheinbar Recht zu behalten, als die Wissenschaft zu erweitern.

In seinem Gutachten äußert T. zuerst eine vorgefaßte gute Meinung für die hölzernen Höfter und sucht alles Mögliche hervor, um gute Eigenschaften in ihren Wirkungen zu entdecken; über die Fehler derselben geht er aber ganz leicht hinweg. Dadurch läßt er sich aber auch verleiten mehr

zu sagen, als sich nach allen bei diesen Höftern selbst gemachten Erfahrungen behaupten ließ, und dies blos um den Faschinenbau — den er gar nicht aus eigner Ansicht und Ueberzeugung kannte — im Allgemeinen herabzusetzen. Er empfiehlt daher die Anlage neuer hölzerner Höfter, ohne sich jedoch über ihre Richtungen gegen das Ufer oder gegen den Stromstrich zu erklären.

Da das landschaftliche Collegium nun zwei Gutachten vor sich hatte, welche einander in allen Stücken fast geradezu widersprachen, so war es ihm nicht zu verdenken, wenn es demjenigen Sachverständigen, der schon Beweise besserer Einsichten gegeben hatte, das meiste Vertrauen schenkte und das Tetensche Gutachten zur Beurtheilung an Renner übergab. Dieser beurtheilte dasselbe unter Spott und Tadel, welches einige Zusätze von Seiten Tetens veranlaßte, (8. Febr. 1781) worin er den Höftern noch immer den Vorzug giebt, zugleich aber einen Faschinenbau zwischen eingerammten Pfählen vorschlägt, ohne wieder etwas über Lage und Richtung der Werke zu sagen. Diese neue Schrift konnte auf keine glimpflichere Behandlung von Renner's Seite Anspruch machen und da dieser die Vortheile des Faschinenbaues mit Gründen bewies und durch Beispiele aus der Erfahrung vertheidigte, so befestigte sich bei den landschaftlichen Committirten die bis dahin noch schwankende Meinung, daß T. von dem Faschinenbaue gar keine gründliche Kenntnisse besitze.

Durch diese Differenzen in den Meinungen der beiden Sachverständigen, waren die Bauarbeiten geraume Zeit aufgehalten worden, weil aber die Gefahr immer dringender wurde und in der Sache selbst doch Etwas geschehen mußte, so wurde von den landschaftlichen Committirten, (deren eigne Erfahrungen mit den Rennerschen Ansichten ziemlich über-

einstimmten) ein Gutachten des Obd. Renner über Anlage und Ausführung der nothwendig anzulegenden Werke gefordert worden, welches (unterm 4. Juli. 1780) die wirkliche Anlage der Schlengen, die Kosten derselben und ihre Lagen nach den Charten bestimmen sollte. In diesem Gutachten erklärt sich R. bestimmt darüber, daß er den Fluthstrom für die Ursache des Abbruchs bei Brunsbüttel, den Ebbestrom aber für den Grund des Andranges an dem St. Margrethen Kooge halte. Außerordentliche Bewegungen des Fluthstroms über dem Watte bei Brunsbüttel gaben ihm die feste Ueberzeugung, daß dieser Strom, der sonst nur allmählig aufsteigt, die nachtheiligen Wirkungen daselbst verursache — vielleicht dachte R. nicht daran, daß der Fluthstrom über einem schartigen Watte viel heftigere Bewegung haben müsse, als wenn er über ein glattes, sanft abgeflächtes Watt aufläuft. — Er räth daher an, statt der beiden obern, damals fast gänzlich ruinirten Höfter, zwei Ebbeschlengen und zwischen dem zweiten und dritten, von einander zu weit entfernten Höftern, eine Fluthschlenge anzulegen. Ebenfalls sollte bei Soestmenhusen eine Fluthschlenge angelegt werden, um den großen Raum zwischen dem Schlengenhöft und dem alten Höft zu beschützen, weil der Abbruch in dieser Gegend auch von dem Fluthstrome herrühre. Die Ecke bei Priggenhause erkannte R. damals noch als außer Gefahr, und schlägt nur einige Schlickfänger vor, um das Watt daselbst zu erhöhen.

Ehe diese vorgeschlagenen Werke aber zur Ausführung gebracht würden, wollte das landschaftliche Collegium, um in dieser Sache völlige Ueberzeugung zu erhalten, vorher noch die Meinungen anderer Sachverständiger hören, und es wurden daher der Professor Büsch aus Hamburg und

der Oberdeichgraf Beckmann aus Haarburg zu einer Besichtigung eingeladen und ein schriftliches Gutachten von ihnen verlangt.

Die Resultate dieser Untersuchungen, und die aus einer Correspondenz mit dem Consistorialrath Silberschlag darüber beigefügten Bemerkungen, sind in einem Gutachten vom 10. April 1782 niedergelegt.

Ueber die Frage: ob steile hölzerne Höfter zu Abwendung einer Uferbeschädigung gebraucht werden können? wagen die Verfasser nicht, sich verneinend zu erklären, weil dieselben an andern Orten, namentlich an dem Wilstermarsch-Ufer mit gutem Nutzen angewendet würden.

Wenn man aus den folgenden eignen Bemerkungen der Verf. ersieht, daß die ganze Uferstrecke der Wilstermarsch von Brocktorf bis an den St. Margrethener Außendeich gar nicht unter einem angreifenden Ebbestrome liegt, so ist diese Frage wohl leicht zu beantworten; ich bin wenigstens überzeugt, daß die Höfter am Wilstermarsch-Ufer eben so sicher stehen, als wenn sie in einen Karpfenteich gesetzt wären, und daß sie keine andere Wirkung thun, als das Watt niedriger zu halten, als es sein würde, wenn gar keine Höfter daselbst vorhanden wären. Diesen Werken aber nutzbare Wirkung zuzuschreiben und von ihnen auf andere an Gefahrstellen zu schließen, ist nichts besser, als wenn man das Verhalten des Wassers in dem Elbstrome nach dem Wasser in einem Fischteiche beurtheilen wollte.

Immer zeigen sich die Verf. geneigt, den Höftern einige gute Wirkungen zuzuschreiben, und die Ursachen ihrer geringen Nützlichkeit in ihrer zu geringen Zahl zu suchen — da anstatt der von Hunrichs vorgeschlagenen 7 Höfter nur 4 ausgeführt worden, — und in ihrer Lage auf unrichtigen

Stellen; von den Fehlern derselben wollen sie nichts wissen und statt ihre Meinung deutlich auszusprechen, tragen sie dieselbe immer auf beiden Schultern. Dagegen äußern sie wenig Zutrauen zu dem Faschinenbaue, blos um die Rennerschen Vorschläge anzufeinden und zu gänzlicher Wegnahme der von Renner schon ausgeführten Schlenge zu rathen, obgleich sie am Ende selbst Ebbeschlengen unter 40 — 45 Grad, doch ohne Bestimmung, ob auf die Uferlinie, oder auf den Stromstrich, von Faschinen und Senkwerk angeben.

Der Mangel des praktischen Blicks bei den Beobachtungen und das Schwankende des Ausdrucks ihrer Meinungen, konnte den landschaftlichen Committirten um so weniger Vertrauen zu diesen Männern geben, da ihre Behauptungen, den so theuer erkauften Erfahrungen widersprachen und durchaus nichts Positives in denselben enthalten war.

Glücklicherweise waren aber die landschaftlichen Committenten, denen die Besorgung dieser Angelegenheiten oblag, solche Männer, die mit dem besten Willen für das Wohl des Landes genaue Kenntnisse aller bis dahin gemachten Erfahrungen verbanden. Dem freien durch eigne Ansicht geleiteten Urtheile dieser Männer konnte es nicht entgehen, daß unter den verschiedenen Vorschlägen der Sachverständigen, die Rennerschen mit den Erfahrungen am besten übereinstimmten; und daß dieselben das meiste Zutrauen verdienten. Eine angestellte sorgfältige Untersuchung älterer Charten und Pegelungen und der sich daher ergebende Verlust an Watt und Groden, und der auffallende Umstand, daß an den Stellen, wo die Höfter theilweise abgerissen waren, die Vertiefungen sich von selbst wieder ausfüllten und das Watt eine ebenere Abflachung annahm, hatten die

Schädlichkeit der Höfter außer Zweifel gesetzt und ihre Unhaltbarkeit hatte bewiesen, daß es nicht möglich sei, vermittelst derselben einen andringenden Strom von dem Ufer abzuhalten; man konnte daher nur mit Bedauern auf die verlorenen Geldsummen zurücksehen, welche durch die Unwissenheit eines Sachverständigen und dessen schlechte Anordnungen der Landschaft Süder-Dithmarschen entzogen worden waren.

Da nun in den Jahren 1780, 81, 82 die Höfter fast gänzlich ruinirt worden waren und die Tiefen dem Deiche sich immer mehr näherten, so sah man ein, daß man bald kräftige Vorbereitungsmittel anwenden müsse, und forderte dazu neue, dem veränderten Zustande angemessene Vorschläge von dem Obrdgr. Renner, welche derselbe auch in einem Gutachten am 28. Aug. 1783 angab. Da er sich darin auf sein letztes Gutachten vom 4. Jul. 1780 bezieht, so glaube ich beide hier wörtlich einrücken zu müssen, denn nach denselben wurden die neuen Werke wirklich zu bauen angefangen.

Unvorgreifliches Gutachten, betreffend die Vorrichtung einiger Strauchhöfter vor den Gefahrdeichen bei Soestmenhusen, gegen dem neuen Kooge über.

Seit undenklichen Jahren ist die Gegend oberhalb und gegen Brunsbüttel über, in Abbruch gewesen. Dieser Abbruch hat schon verursacht, daß der Flecken Brunsbüttel landeinwärts verlegt worden ist.

Es ist schwer zu entscheiden, ob der Abbruch, den man an der Süderelbe in der Gegend von Neuland seit gleichfalls undenklichen Jahren gehabt hat, jenen veranlaßt, oder jener die Ursach von diesem gewesen ist?

Glaublich scheint es mir zu sein, daß die Süderelbe und folglich der Ebbestrom den Abbruch bei St. Margrethen und der Fluthstrom aus der Gegend von Otterndorf (hier ist ebenfalls starker Abbruch) durch eine üble Richtung den bei Brunsbüttel veranlaßt habe.

Die Richtung wenigen Vorlandes zwischen Brunsbüttel und St. Margrethen, ist dem Ansehen nach so beschaffen, daß die Vorufer von beiden Orten etwas landeinwärts einspringen, dagegen aber die Mitte derselben etwas auswärts sich beuget. Diese Richtung der Vorufer bestätiget meine Muthmaßung über die Ursachen des Abbruchs bei St. Margrethen und Brunsbüttel dermaßen, daß man an beiden Oertern einen fortgesetzten Abbruch, wenn man nicht vorgebeuget hätte und noch vorbauete, zu befürchten hätte. Von der Natur ist hier keine Hülfe zu erwarten. Die Bucht zwischen St. Margrethen und Brunsbüttel ist zu klein (vielleicht ist ihre Länge nicht einmal der Breite der Elbe in dieser Gegend gleich) als daß nicht beide Ströme Ebbe und Fluth noch immer nachtheilig darauf wirken sollten.

Die Ursachen des zeitigen Abbruchs sind also in der gegenwärtigen Richtung des Stroms zu finden. Die Untersuchung dieser Richtung ist weitschweifig und unnütz.

Daß aber die alten Rammwerke Gelegenheit zu Annäherung großer Tiefen bei dem Ufer gegeben haben, ist durch Schlüsse und Erfahrungen erweislich; sie thaten nur gewissermaßen das, was sie thun sollten. Sie waren in Ansehung ihres Materials, Richtung, Höhe u. s. w. schädlich. Ihre Dauer stand mit ihrer Kostbarkeit in keinem guten Verhältnisse.

Herr Stammer brachte in Vorschlag, die hölzernen Höfter wegzuräumen und an deren Stelle die Beschützung

der Ufer mit Senkwasen zu beschaffen. Diese Bauart hat vor andern Buscharbeiten das voraus, daß sie die größte Schiefffläche im Wasser zuläßt, gewiß ein wesentlicher Vortheil! Nur ist zu bedauern, daß diese Art zu bauen keine gehörige Verbindung leidet und folglich die Senkwasen bei Annäherung größerer Tiefen nachrollen, überhaupt aber die Arbeit bei einer so langen Bucht, als die bei Brunsbüttel und dem Neuen-Kooge, äußerst kostbar ist.

Unvorgreiflich muß ich solche Werke in Vor- und Anschlag bringen, welche die Ufer auf eine geraume Strecke schützen, die unter sich genau verbunden sind und eine bestimmbare Summe Geldes bei ihrer Anlage und Unterhaltung erfordern. Diese, nebst andern und bereits anderswo angeführten nothwendigen Eigenschaften, finde ich bei den sogenannten Strauchhöftern oder Schlengen.

Das Vorufer von St. Margrethen, oder doch von dem Holstengraben an, geht — kleine Krümmungen ausgenommen, ziemlich in gerader Flucht, jedoch mit einem kleinen Vorsprunge bis unter dem Brunsbütteler Steindeiche fort. Man kann also annehmen, daß die Ebbe und Fluth in der Gegend des obersten Höfts, entweder völlig gleich, oder mehrentheils gleich stark wirken.

Die Umstände des obersten Höfts sind nunmehr von solcher Beschaffenheit, daß dessen Herausnahme, soweit es beständig im Wasser ist, nothwendig wird. Der Theil desselben, welcher trocken läuft, muß mit dem Watte gleich hoch abgesägt werden. Diese Gegend unbeschützt liegen zu lassen, würde wegen der nahen und großen Tiefen gefährlich sein.

An der Stelle dieses hölzernen Höftes würde sodann

eine Ebbe-Schlenge nach dem Anschlage sub lit. A. vorgerichtet werden.

Das zweite Höft muß eigentlich mit dem ersten gleiches Schicksal haben und sodann nach dem Anschlage sub B. gebauet werden. Zwischen diesem zweiten Höfte und dem sogenannten Schlengenhöfte, ist der Zwischenraum zu groß, als daß nicht der Strom wieder in das Ufer fallen sollte.

Bereits in meinem unvorgreiflichen Gutachten vom vorigen Jahr, ist dieser Fehler bemerket, es sollte hier auch billig in der Gegend des Profils Nr. 7, Strom-Charte Lit. B. ein neues Werk angelegt werden; ich führe nur noch den Grund an, woraus erhellet, daß es ein Fluthwerk sein müsse. Es ist dieser: der Fluthstrom stößt hier nicht allein schon aufs Ufer (man sehe die Stammersche Charte l. D.) sondern überhaupt genommen, ist diese Richtung nützlich. Sie wird den Fluthstrom selbst von der zweiten Schlenge abhalten. Zu diesem Werke gehört der Anschlag L. C.

Der Raum zwischen dem Schlengenhöft und dem alten Höfte, ist außerordentlich groß; unter dem Brunsbütteler Hafen gegen Soestmenhusen über bemerkt die Charte des Herrn Stammer Lit. C. Prof. Nr. 9 in einer Entfernung von etwa 7 Ruthen vom Wattufer, zwei steile Bänke; bei meiner jüngsten Anwesenheit wurden dieselben Bänke wieder angetroffen.

Ganz gewiß rührt der Grundbruch dieser Gegend von der Fluth her. Die Stromcharte D, auf die ich mich bereits oben in eben der Absicht bezogen habe, zeiget durch die daselbst von Hrn. Stammer mit den Worten: Außerordentliche Strombewegungen, gemachte Bemerkung, die schädliche Richtung des Fluthstroms auf das Ufer. Eben

dieses beweiset das Fahrwasser für große Schiffe und die Lage der Tonnen. In Rücksicht jener Bemerkungen wird es höchst nöthig sein, hieselbst eine Fluthschlenge anzulegen. Die hiezu erforderlichen Kosten und Umstände ergiebt der Anschlag Lit. D.

Was den oberen Abbruch anbetrifft, so beziehe ich mich auf mein unvorgreifliches Gutachten von vorigem Jahre. Die oberen Ufer müssen allenfalls wie Deiche selbst, wenn nicht die jedesmalige Fluth die Hauptdeiche bespülen soll, behandelt werden.

Bei der Deichecke bei Priggenhause, man sehe die Charte Lit. D. Prof. Nr. 11. ist es im Grunde bis dahin noch gut. Wegen des obern Abbruchs, oder einer besorglichen mehreren Abnahme der Höhe des wenigen Wattes, würde es rathsam sein, einige kleine Schlickfänger von Zaunwerk vorzurichten; durch diese würde man auf eine leichte Art der Natur zu Hülfe kommen und die Verhöhung des Watts befördern können. Sub Lit. E. ist hiervon ein Anschlag zu finden.

Ueberhaupt bemerke nur noch, daß alle diese Strauchschlengen diese Eigenschaften gemeinschaftlich haben müssen, daß sie von dem Schlick an, nach dem äußersten Ende zu, flach ablaufen.

Der Erfahrung nach, werden sich die Werke höchstens 6 Fuß tief, in der Länge von 3 Ruthen am äußersten Ende in dem ersten Jahre lagern.

Diese natürliche Senkung aller Buschwerke kann im folgenden Jahre nur einen oder zwei Fuß höchstens betragen; beide Senkungen wieder herzustellen, wird in den ersten beiden Jahren höchstens Eintausend Reichsthaler erfordern. Die hieneben erfolgenden Kostenverschläge erfordern

also in Allem, nach den darin gebrachten höchsten Preisen des Materials und Tagelohns 8479 Mark 4 Schill.

Man ist überzeugt, daß die Materialien ungleich wohlfeiler geliefert werden können,

Wischhafen, den 4. Juli 1780.

A. F. Renner.

Unvorgreifliches Gutachten, betreffend die Verbesserung des sogenannten mittelsten Höfts vor dem Brunsbütteler Neuen-Kooge.

Bereits im Jahre 1780 stellte der Unterschriebene einer hochlöblichen Landschaft vor, wie unumgänglich nothwendig es sein dürfte, zur Erhaltung des Außendeichs und in Gefolg dessen, des Deiches selbst, nicht allein die Höfter, als namentlich das oberste und mittelste, in eine andere Art umzuschaffen, sondern auch mehrere Werke vorrichten zu lassen. Zu diesen Vorrichtungen wurden dem geneigtest ertheilten Auftrage gemäß, ein Gutachten mit den dahin gehörigen Vor- und Anschlägen, welche sich auf die damalige Ortsbeschaffenheit nach bestem Wissen und Gewissen bezog, zu einer tiefern Einsicht und Beurtheilung überreicht.

Die Umstände der Höfter und ganz besonders des mittelsten, haben sich seit dem benannten Jahre so sehr geändert, daß in den beiden folgenden Jahren, um dem Wegtreiben der Materialien und deren Verlust vorzubeugen, auch dem starken Einreißen des Stromes an der Stelle des Höftes zuvor zu kommen, eine Befassung desselben mit Busch in Antrag gebracht werden mußte.

Der damals noch im Wasser befindliche freie Theil des Höftes, welcher etwa 5 bis 6 Ruthen lang sein mochte, ist nunmehr bis ans Watt weggerissen, und folglich das-

jenige nur noch vorhanden, was auf dem trocken laufenden Watte gebauet worden.

Da unter diesen Umständen und dem im Wasser nach angebogenem Auslothungs-Protokolle vom 25. Aug. d. J. von mir vorgefundenen Tiefmaßen, die vorzunehmenden Verbesserungs-Arten zu beurtheilen sind, so darf man hier nur diejenigen Werke aus zusammen verbundenen, und gleichsam aus durcheinander verwebten Busche bestehen — da auf die Uebrigen wohl keine Rücksicht genommen werden möchte — anführen, und mit der Ortsbeschaffenheit und Kosten gegen einander vergleichen, um eine gute Auswahl zu treffen. Unter diesen zähle hauptsächlich folgende, als:

1) Eine Befassung der Pünte, das ist: desjenigen Theils des Höftes, welcher frei im Wasser stehet.

2) Diese Befassnng des Höftes weiter auf dem Watte fortgesetzt, und

3) Eine Befassung eines solchen Werks vermittelst einer Ebbe- oder Fluthschlenge, oder aus beiden bestehenden Vorrichtung.

Die Ursachen zu der Art Befassung, welche 1 bemerkt worden, und welche in den Jahren 1781 und 82 in Vorschlag gebracht, fallen nunmehr, da der Theil des Höftes, der ehemals im Wasser stand, nicht mehr bestehet, weg.

Wollte man statt des weggerissenen Theils, welcher damals noch 5 bis 6 Ruthen betragen mochte, etwa eine Schlenge von Busch, welches jedoch nicht ohne großen Verlust an Material und Zeit geschehen könnte — zur Verlängerung des noch bestehenden Ueberbleibsels vorrichten, so würde man zugleich genöthiget sein, diese Arbeit landwärts fortzusetzen. Wenn nun der angebauete Theil in der nachtheiligen Richtung des Höftes gemacht würde, oder in der-

selben Flucht fortginge, so würde die Fortsetzung dieses Werks auf dem Watte, zu beiden Seiten des Höftes geschehen müssen, wobei denn zu betrachten wäre, in welcher Maße das Höft noch zu gebrauchen sein möchte? Da dasselbe sehr hoch über dem Watte hervorragt, würde man sich außerordentlich schweren Kosten unterziehen müssen, wenn es in der ganzen Höhe und Länge, selbst bei der geringsten hier anzubringenden Abflächung, das ist: auf jeden Fuß Anlage 1 Fuß Höhe gerechnet, zu beiden Seiten mit Busch bekleiden wollte, und demnach nur die so oft gerügten Mängel dieses Werks in etwas mäßigen.

Bei jeder Art Erniedrigung dieses Höftes, würde nicht nur an den Abflächungs-Kosten erspаret, sondern auch an Wirkung gewonnen werden; aus den mir bekannten Eigenschaften dieses Werks bin ich völlig überzeugt, daß es bei seiner niedrigsten Höhe über dem Watte, am meisten aber mit dem Watte gleich hoch abgesägt, einigen Nutzen schaffen könne.

Wenn nun durch eine solche Abnahme des Höftes bis zu der Höhe des Wattes, dasselbe nicht allein unschädlich, sondern aber in mehreren Betracht nützlich gemacht werden soll, alsdann würden noch die Fragen, wie ist im Wasser, um dem Abbruche im Grunde, und wie auf dem Watte, um dem oberen Abbruche abzuhelfen, zu bauen? zu beantworten sein.

Die unter 3. dieses unvorgreiflichen Gutachtens angeführten Mittel sind nach meiner geringen Einsicht Diejenigen, von welchen das Eine oder Andere gewiß der Hoffnung einer guten Wirkung entsprechen wird.

In meinem unvorgreiflichen Gutachten vom 4. Juli 1780 ist von mir in Ansehung der Richtung eines, statt

des obersten Höftes zu erbauenden Werkes von Busch erwähnet.

Man könnte annehmen, daß die Ebbe und Fluth in der Gegend dieses Höftes entweder mehrentheils, oder völlig gleich stark wirken; ferner wird gesagt, die Vorrichtung eines Fluthwerkes zwischen dem mittlern und Schlengen-Höfte und dessen Richtung sei nützlich.

Obgleich nun damals Gründe vorhanden waren, welche anriethen, statt des mittelsten Höftes eine Ebbeschlenge anzuordnen, so befürchte ich dennoch nicht mir das Vorurtheil einer Ungewißheit in meinen Vor- und Anschlägen zuziehen zu können, wenn ich gegenwärtig da ein Fluthwerk vorschlage, wo vor drey Jahren ein Ebbewerk nützlich sein mußte.

Einmal hat sich die Gestalt der Sachen in dieser Gegend gänzlich geändert, indem sich die Tiefen dem Ufer mächtig genähert haben. Zweitens muß nunmehr die Umschaffung des Höftes außer dem gutachtlichen Zusammenhange und außer Verbindung der vorgeschlagenen Werke unter sich, also stückweise vorgenommen werden.

Da auch drittens das 1790 vorgeschlagene Fluthwerk zwischen dem mittelsten und Schlengen-Höfte, bisher nicht gemacht worden ist, kann um so füglicher das benannte Höft in ein Fluthwerk von Busch verwandelt werden, als

Viertens die Erfahrung aus der Wirkung der beiden verfertigten Fluthschlengen hergeleitet, auf das Vortheilhafteste für eine solche Richtung zeuget.

Bekanntlich springet das westliche Ufer unterhalb dem Höfte vor dem östlichen oberhalb demselben einige Ruthen hervor. Dieser Umstand wird blos in der Absicht angeführt, um zu zeigen, daß durch die Vorrichtung eines Fluthwerks,

soviel als dieser Vorsprung beträgt, entweder an Kosten ersparet, oder, wenn man diese verwenden will, ein den Tiefen verhältnißmäßig längeres Werk gebauet werden könne.

Demnach kann ich nunmehr Gewissens halber nicht umhin, hier ein Fluthwerk, jedoch noch immer in Hinsicht auf die übrigen von mir vorgeschlagenen Schlengen, unmaßgeblich in Vorschlag zu bringen, und ich bin völlig überzeugt, daß ein Solches nicht allein den Grund halten, sondern auch eine Anschlickung, besonders aber eine, hier sehr nöthige Aufschlammung veranlassen müsse.

Brunsbütteler Hafen den 28. August 1783.

A. F. Renner.

Man siehet aus diesem Gutachten, sowie aus allen übrigen Vorschlägen anderer Sachverständigen, daß

1) im Allgemeinen, unter den Namen Fluth- und Ebbe-Schlengen, allemal declinirende Werke verstanden werden, das ist solche, die an der Seite des Strom-Einfalles, mit der Uferlinie den größten Winkel machen und daher den Stromstrich unter einem spitzen Winkel auffangen und *eben* so abweisen. Davon, daß zur Uferbeschützung andere als declinirende Werke angewendet werden könnten, findet sich in allen Aeußerungen der Sachverständigen auch nicht die entfernteste Andeutung.

2) Daß Renner eine gleichzeitig doppelte Beschädigung sowohl durch den Ebbe- als den Fluthstrom, annimmt.

3) In allen diesen Gutachten war nichts über Untersuchung der Richtungen der Stromstriche — welche Renner sogar für weitschweifig und unnütz erklärt, — nichts von hydrodynamischen Gründen und den Bestimmungen, welche sich nach denselben für die Wirkungen der vorgeschlagenen

Mittel in voraus geben ließen, gesagt worden, vielmehr hatten Büsch und Consorten am Ende ihres Gutachtens kleinmüthig geäußert, daß man das Beste von einer freiwillig eintretenden Naturveränderung erwarten müsse; demnach hatten auch Alle es vermieden, die einfachen geometrischen Bestimmungen, nach welchen die Werke angelegt werden sollten, festzustellen.

Da die Wirkung und Bewegung des Fluthstroms bei den nahen Tiefen, über dem schartigen Watte heftiger waren, als sie über einem sanft abgeflächten glatten Watte zu sein pflegen, und weil man sich noch in der Ungewißheit befand, ob der Ebbe oder der Fluthstrom der eigentliche Räuber an dem Ufer sei? Bei der einseitigen Vorstellung, daß nur declinirende Werke Hülfe zu leisten im Stande wären, wonach man theils Ebbe, theils Fluthschlengen angelegt hatte, endlich bei der unerwartet guten Wirkung, welche die angelegten Fluthschlengen zeigten, hatte man, anstatt dem Gedanken Raum zu geben, die inclinirte Richtung der Fluthschlengen gegen den Ebbestrom könnte diesen kräftig abhalten, sich vielmehr in der vorgefaßten Meinung: daß der Fluthstrom Ursache des Abbruchs und der Tiefen sei, bestärkt, und die wissenschaftliche Kenntniß noch mehr verdunkelt, wie dieses der unten abschriftlich beigebrachte Brief Renner's vom 20. April 1784 deutlich beweiset.

Die an der Stelle des obersten Höftes nach Renner's Angabe v. 4. Juli 1780 angelegte Ebbeschlenge, welche in gleichen Winkeln mit den untern Fluthschlengen so auf die Ebbe, wie diese auf die Fluth gerichtet war, verursachte solche Unterwühlungen vor und unterhalb ihres Kopfes in dem Grunde des Flußbettes, daß nicht allein ein großer

Theil derselben vorne abriß und wegsank, sondern daß man auch genöthigt wurde, dieselben in eine Fluthschlenge zu verwandeln. Hierüber mag folgendes Schreiben des damaligen dirigirenden landschaftlichen Committirten, des Kirchspielvogtes Matthiessen in Marne selbst reden.

Die Landschaft Süder-Dithmarschen hatte bis zum Jahre 1780 seit vielen Jahren Abbruch des Vorlandes und Wattes bei Brunsbüttel, durch hölzerne Höfter oder Rammwerke mit großen Kosten vorzubauen und abzuwehren sich bemühet; diese Arten Vorbaue entsprechen aber ihrem Endzwecke gar nicht. Sie vertieften das Elbbette an ihren Seiten außerordentlich, zogen dadurch die Tiefen und mithin die Senkung des Stromes ans hiesige Ufer und erregten die Besorgniß, daß der Elbstrom, der sich von Jahr zu Jahre dem Deiche mehr näherte, diesen unterwühlen und dadurch eine Ueberstürzung des Deiches verursachen möchte, welches eine Zurücklegung des Deiches, die in ältern Zeiten schon mehrmals geschehen war, nothwendig gemacht haben würde.

Die Landschaft sah sich daher genöthiget, um *einer* abermaligen Zurücklegung des Deichs zuvorzukommen, auf andere Vorbauungsmittel Bedacht zu nehmen. Sie ließ die Wasserwerke an der benachbarten Seite der Elbe im Bremischen in Augenschein nehmen, und fand, daß man dort mit Buschschlengen, die man dort an den abbrüchigen Gegenden, von Busch mit Pfählen durchschlagen, auf den Watten, bis in den Elbstrom auf eine bestimmte Länge hinein angelegt hatte, eine große Aufschlickung und zu Deckung des Ufers die vortrefflichsten Wirkungen hervorgebracht hatte.

Dies erzeugte natürlich bei der hiesigen Landschaft in

ihrer bedrängten Lage, den Wunsch: mit ähnlichen Wasserwerken auf und an dem Vorufer bei Brunsbüttel einen Versuch zu machen. Man zog dabei Wasserbauverständige zu Rathe und fing auf deren Anrathen im Sommer 1781 an, ein Fluthwerk, welches den stumpfen Winkel an der Fluthseite und den spitzigen Winkel an der Ebbeseite hat, anzulegen.

Dieses Werk entsprach in seiner zwar minder vortheilhaften Lage, dennoch gleich seiner Absicht. Es schlickte das Watt, insonderheit an der Ebbeseite außerordentlich auf und gab der Landschaft die frohe Aussicht einer nahen Hülfe und die Hoffnung einer äußerst kostbaren Zurückdeichung vorbauen zu können. Seitdem hat die Landschaft noch fünf andere, theils viel größere Fluthwerke, auf einer Strecke von ungefähr einer halben Meile, an dem Brunsbütteler Vorufer und Watte gebauet, und davon zeither die vortrefflichsten Wirkungen dahin erfahren, daß sie an den Stellen wo diese Buschwerke angelegt worden, vor Unterwühlungen des Deichfußes und Ueberstürzungen des Deichs nicht nur völlig gesichert ist, sondern auch, soweit die Wirkung reicht, eine merkliche Erhöhung des Wattes durch Aufschlickung und eine gänzliche Verbesserung desselben bewirkt hat. Die Landschaft ist also durch eine Erfahrung von 13 bis 14 Jahren von der Zweckmäßigkeit und Nützlichkeit dieser Buschschlengen, zu Erhaltung, Erhöhung und Verbesserung des Vorlandes an dem reißenden Elbstrome bei Brunsbüttel nicht nur völlig überzeugt, und hat, nachdem diese Bauart mehrmals von Sachkundigen untersucht und bewährt gefunden worden, zu deren Fortsetzung vom höchsten Ort alle Aufmunterung und thätige Unterstützung erhalten, sondern sie ist eben so sehr von der Art der Anlegung dieser Buschwerke, die nach ihrer

Erfahrung in keinem Falle auf die Ebbe, sondern allenthalben in der Gegend von Brunsbüttel und in allen Gegenden, die mit derselben in gleicher Lage sich befinden, nur auf die Fluth mit Nutzen angelegt werden können. Denn einmal ist es sehr gefährlich und gewagt, in Gegenden, woselbst wie bei Brunsbüttel, ein so mächtiger Strom wie die Elbe ist, so nahe am Deiche vorbei fließt, Vertiefungen in dem Strombette an dem Vorufer, welche die Ebbeschlengen durch die Aufstauungen des, ohnehin schon in den Grund einwühlenden Ebbestroms, stets in größerer Maße verursachen, nahe am Deichfuße zu veranlassen, welche in der Nähe des Deiches allemal bedenklich sind, und

zweitens hat die hiesige Landschaft von der Unzweckmäßigkeit der Ebbeschlengen eine directe Belehrung daher erhalten, daß eine Schlenge, welche vor dem Brunsbütteler Neuen Kooge als ein Ebbewerk angelegt war, überall keine zweckmäßige Wirkung leistete, bis vor einigen Jahren die Landschaft diese Schlenge, obwohl nur in sehr unvollkommener Maße, in ein Fluthwerk umändern ließ; seit welcher Zeit diese Schlenge das Watt durch Aufschlickung sehr vortheilhaft erhöhet und verbessert, und sogar an vielen Stellen Hähnke- und Reeth Aufschlag bewirket hat, zum offenbaren Beweise, daß es nicht gleichgültig ist, in welcher Richtung diese Buschwerke angelegt werden.

Drittens, dürfte es auch, ohne auf theoretische Gründe Rücksicht zu nehmen, nach der simplen Erfahrung nicht zweckmäßig sein, den spitzen Winkel der Buschschlengen an der Nordseite den Ebbestrom abwärts anzulegen, und solchen dem Wellenschlag und westlichen Stürmen bloßzustellen, wodurch aller Ruhestand, mithin jede Aufschlickung in diesem Winkel vereitelt werden würde; wo hingegen, wenn der

spitze Winkel der Buschschlengen, an der Süd- und Ostseite angelegt wird, der gedeckte Winkel vor dem westlichen Wellenschlage, der das diesseitige Ufer bei Stürmen insonderheit angreift, nach der Erfahrung durch solche Buschwerke völlig geschützt, und folglich der Zweck derselben, die Aufschlickung befördert wird.

Auf Verlangen von Johann Hasse und Cons. in St. Margrethen, haben wir Unterschriebene, als Committirte der Landschaft Süder-Dithmarschen zum Brunsbütteler Wasserbau, Obiges von dem gegenwärtigen Zustande und der Beschaffenheit, so wie auch von dem Nutzen und der Zweckmäßigkeit unserer Wasserbauten mit völligster Wahrheit zu bezeugen und zu bescheinigen, um so weniger Anstand nehmen können, da man von Seiten der Wilster-Marsch jetzt ähnliche Uferbedeckungen anzulegen im Begriff stehet.

Marne und Brunsbüttel, den 6. Mai 1794.

J. N. Matthießen. A. Schlichting.

Dieses Schreiben beweiset hinreichend, daß die genannten Männer ihren Gegenstand genau und gründlich kannten, es zeigt aber auch, daß man von der Meinung, Fluth und Stürme könnten auf den Grund des Flußbettes wirken und Tiefen veranlassen, noch nicht frei war, ob man gleich die Gefahr des Andranges wohl mehr von dem Ebbestrome befürchtete. Soviel ist gewiß, indem man sich nach der gewöhnlichen Vorstellungsart und mit den gebräuchlichen declinirenden Werken gegen den Fluthstrom und dessen eingebildete Wirkung zu bauen bemühete, lernte man gerade das rechte Mittel kennen, um den Ebbestrom abzuhalten. Die Kenntniß der wahren Ursachen der Uferbeschädigungen blieb aber nun, selbst bei der Anwendung der richtigen Mit-

tel, noch unvollkommen, weil man sich einmal gewöhnt hatte, die Sache aus einem unrechten Gesichtspunkte zu betrachten, Ursache und Wirkung zu verwechseln und im Cirkel zu schließen, wie dies aus dem Folgenden deutlicher erhellen wird.

Mit den ersten Arbeiten von Buschwerk war zwar vor Abgabe der letzten Gutachten, in den Jahren 1781 und 82 bereits nach Renner's Angabe ein Versuch gemacht worden, bei Soestmenhusen oberhalb des alten Höftes eine Fluthschlenge und an dem alten Höfte, außer der vor und an den Seiten desselben gemachten Bekleidung von Senkwerk, eine Fluthschlenge anzulegen, welche unterhalb desselben an den Deich anschloß und noch vor der Spitze des Höftes vorbeiging.

Ein nach einer Besichtigung von Renner im Decbr. 1782 abgegebenes Promemoria bezeuget die gute Wirkung dieser Werke und ist ebenfalls in einem Vermessungs-Protokoll des Landmessers Broyer vom 24. Juni 1784 bemerkt worden, wobei besonders die gute Anschlickung bei dem Werke gelobt wird.

Da in dieser Zeit die Annäherung des Stroms und die Vergrößerung der Tiefen, ungeachtet der neu angelegten Werke noch immer zunahm, und besonders bei Priggenhause immer merklicher wurde, so mußte man auf Vorkehrungen dagegen bedacht sein. Hierbei wurde erst der Umstand, dessen ich bereits vorhin erwähnt habe und dem Renner bis dahin keine Aufmerksamkeit geschenkt hatte, bemerklich, daß man immer die Abflächung des Wattes nur für sich gemessen hatte, ohne auf seine Annäherung an den Deichfuß zu sehen. Man war inzwischen so glücklich, aus älteren Messungen eines sorgfältigen Geometers, des Candidaten Mayxen, den Zu-

stand des Wattes in den Jahren 1766, 67 aufzufinden, und daraus mit Gewißheit die Annäherung des Stromes und der Tiefen soweit kennen zu lernen, daß die Fluth, die vor dem grünen Vorufer 1766 noch 12 Ruthen von der Deichecke bei Priggenhause entfernt blieb, jetzt an dem Deichfuße selbst schon über 1 Fuß hoch auflief und daß die Normaltiefe, welche 1766 noch 62 Ruthen vom Deichfuße ablag, sich 1783 auf 45 Ruthen, also um 17 Ruthen genähert hatte. Die Profile von der Beschaffenheit des Watts, in den verschiedenen Zeiten, sind Tab. II. Fig. B. neben einander gestellt.

An dieser schnellen Annäherung war nichts Anderes, als die unrichtige Lage der Fluthschlengen bei Soestmenhusen und am alten Höfte schuld. Denn in dem Pegelungsprofile von Carstens von 1781 ist die Tiefe von 22½ Fuß noch 30 Ruthen vom Deiche entfernt, wogegen sie sich 1783 bis auf 19½ Ruthen genähert hatte. In diesem kurzen Zwischenraume von 2 Jahren war also die Tiefe jährlich um 5¼ Ruthen näher gekommen, da sie vorher von 1767 bis 1781 sich jährlich nur um 1 Ruthe breit, genähert hatte.

Also war man zwar soweit gekommen, Werke zu haben, welche in sich selbst dauerhafter waren als die Höfter, und die auch die Stellen, wo sie lagen, besser beschützten; allein die nachtheiligen Folgen, die mit denselben verbunden waren, sollte man erst kennen lernen.

Unter diesen Umständen war es natürlich, daß die Aufmerksamkeit der landschaftlichen Committirten sich vorzüglich auf den gefährlichen Punkt der ausspringenden Deichsecke bei Priggenhause richtete, weil daselbst die Gefahr sich mit größerer Schnelligkeit näherte und sich in einer viel schrecklicheren Gestalt zeigte, als sie an irgend einem andern

Punkte der ganzen Deichstrecke vorher erschienen war. Der Oberdeichgraf Renner wurde daher zu einer Besichtigung eingeladen und man erhielt von ihm, nachdem er die Umstände untersucht hatte, das folgende Gutachten.

Verlangtes unvorgreifliches Gutachten, betreffend den Abbruch an der Deich-Hucke bei Priggenhause.

Im Jahre 1780 als von der hochlöblichen Süder-Dithmarsischen Landschaft ich mit dem Auftrag zur Untersuchung der Elb-Tiefen bei Priggenhause und gutachtlichen Vor- und Anschlägen zur Abhelfung des daselbst fortwährenden Abbruchs geneigtest beehret ward, schienen mir die vorgefundenen Orts-Umstände nur einen oberen Abbruch durch Wind und Wellen zu verrathen.

Benarbtes Vorland fand sich, außer einige wenige Fuß breit und lang, gar nichts mehr am Fuße des Deiches und folglich stand das Wasser schon damals, außer wenn es ganz niedrig bei Ostenwinde war, immer an den zu der Zeit noch bestehenden Buschbetten.

Das Ufer lief dabei, direct vom Deiche gemessen, einige 30 Ruthen lang, mit dem Falle von 1 Fuß auf jede Ruthe Länge flach im Strome ab. Verschiedene mir mitgetheilte Löthungs-Protokolle von den vorhergehenden Jahren zeigten immer dasselbe Verhältniß der Tiefen in gleichen Entfernungen an.

Da ich die damalige Beschaffenheit des Vorlandes mit der vorhergängigen nicht vergleichen konnte, so mußten mich die Löthungs-Protokolle, welche durchgängig und daher fast einerlei Tiefen ergaben, weil in der Zwischenzeit das Ufer immer mehr abgebrochen, folglich von einem unbe-

ständigen termino a quo genommen, nothwendig zu den Gedanken verleiten, daß hier blos ein oberer Abbruch sei.

In dieser Hinsicht wurden im benannten Jahre einige Schlick- und Sandfänger in Vorschlag und sodann zur Ausführung gebracht. Nach der Charte, auf welcher Herr Zitting den Zustand des Rivieres dieser Gegend von den Jahren 1766, 67, 1781 und 82 mit einander verglichen, zeigt sich offenbar, daß nicht allein 12 Ruthen breites Vorland oder doch trocken laufendes Watt seit 1766 und 67 verloren gegangen, sondern auch eben so deutlich, daß die Tiefen sich dem Deiche genähert haben.

Unter den Tiefen verstehe ich hier nicht das Wasser, welches gegenwärtig da ist, wo ehemals bei ordinärer Fluth grünes Vorland, oder wenigstens bei hohler Ebbe, Watt zu sehen war, ich verstehe darunter solche vorgefundene Tiefmaßen, welche in gleichen Entfernungen vom Deiche, eben so groß und wohl gar noch größer sind, als die vorhergängigen.

Nach dieser Erklärung ist es offenbar, daß da, wo im Jahr 1766 und 67 bei der 20sten Entfernungsruthe 7 Fuß, nunmehr schon 19 Fuß, wo bei der 30sten Ruthe 18 Fuß waren 28½ Fuß, wo bei der 40sten 20 Fuß, anjetzt 33 Fuß und bei der 50sten, wo 23 Fuß sich befunden, nunmehr 37 Fuß Wasser angetroffen werden, und daß also kein bloßer oberer Abbruch, sondern auch zugleich ein unterer, der vom Strom herrühret, obwalte.

Nimmt man gleich an, daß das Wasser bei der Auspegelung vom Jahre 1780, zwei Fuß höher gestanden (wie sehr wahrscheinlich ist) als bei der von 1781, so zeigt sich dennoch, daß in den nicht vollen zwei Jahren der Abbruch

ungleich stärker als in allen den Jahren von 1767 bis 1781 gewesen sei.

Bei dieser starken Zunahme der Tiefen und Annäherung des Stromes, ist, wenn sie auch nicht in dem letzten Verhältnisse anhalten sollte, doch Alles zu befürchten.

Wie viele Ursache man aber habe, eine solche Annäherung der Tiefen und deren Folgen zu befürchten, wird durch die Beobachtung des Fluthstroms leider zu viel bestätiget. Bei meiner letzten Anwesenheit bemerkte ich, daß derselbe längs dem Fuße des Deichs beträchtlich stark aufwärts ging.

Bevor die Werke bei dem alten Höfte und bei Soestmenhusen angelegt wurden, hatte das Ufer daselbst einen Vorsprung vor dem bei Priggenhause, dieser und der Anwachs, welchen die beiden neuen Werke oberhalb verschaffen, können dieser Gegend, wenn sie nicht bedecket wird, nachtheilig sein oder doch werden. Jeder Vorsprung eines Ufers setzet eine einspringende Bucht voraus, und in solcher kann der aufgefangene Strom nachtheilig werden.

Der alte Steindeich und die nächsten übrigen unterhalb Priggenhause biegen sich landeinwärts und verursachen dadurch, besonders bei der hohen Fluth, einen mächtigen Sturz des aufgefangenen Wassers um die Elbe bei Priggenhause. Eben dieser Erfolg muß sich darauf, wiewohl etwas schwächer, bei der ersten Ebbe zeigen.

Alle diese Bemerkungen machen einen ferneren Abbruch äußerst besorglich.

Anstärkungen, Abflächungen des Deichs und ein Steinpflaster nebst Buschbetten, werden in Rücksicht auf einige Dauer, vergebens angewendete Mittel sein.

Bei der Annäherung der Tiefen oder Unterspülung der Buschbetten, wird Alles übern Haufen stürzen.

Eine Verlegung des Deiches würde, bei ungeheurer Kosten- und Landes-Verspillung, wenig fruchten und der hiedurch zu erlangende Aufschub des Unglücks (denn von der Natur ist bei den Umständen wohl wenig Hülfe mehr zu erwarten) für jeden Preis zu theuer erkauft sein.

Solche ernsthafte Hülfsmittel sind also je eher je besser zu erwählen, welche sowohl den obern Abbruch als die Herannäherung der Tiefen behindern.

Zur Auflösung der Frage: wie ist zu bauen? sprechen sowohl der Strom als auch Wellenschlag und Tiefen gegenwärtig ziemlich entscheidend.

Der Strom hat sich sichtbar hart ans Ufer gelegt, die Tiefen haben sich demselben stark genähert und der Wellenschlag ist durch letztern und das erniedrigte Watte, natürlicherweise heftiger geworden. Die Tiefe hat sich so sehr genähert, daß sich in der Richtung mit den Pünten von beiden Werken, dem Flügel und der großen Schlenge große Tiefen finden lassen und diese machen nicht allein eine Schlenge möglich, sondern auch leider! hier nothwendig.

Die Richtung eines solchen Hauptwerks anlangend, müßte selbige nach meiner unvorgreiflichen Meinung, wohl der Fluth entgegen gesetzt werden. In Rücksicht darauf, beziehe ich mich auf die ehemals bereits oft und weitläuftig angeführten Gründe.

Die Lage einer Fluthschlenge bestimmt die Ortsbeschaffenheit, nach meinem Bedünken, etwas unterhalb der Deichhucke am besten, weil durch diese eine größere Strecke gedecket wird.

Gewiß wird zwar das Werk etwas länger, als wenn

man es an der Hucke selbst anschlösse, aber die Länge macht, wegen der unbeträchtlichen Tiefen beim Anschlusse keine Kostenvergrößerung, welche mit dem Nutzen derselben in einem üblen Verhältniß steht.

Die Höhe desselben müßte höchstens 3 Fuß über das niedrigste Wasser zum flachen Anschluß ans Watt und der übrige Theil flach bis etwa zur Höhe von 1½ Fuß nach der Pünte ablaufen.

Mit Vorbedacht wähle ich hier eine niedrige Höhe des Werks, um die Fluth nicht hoch aufzustauen und dadurch einen heftigen Ueberstur̈z zu verursachen. Niedrige Werke befördern eine baldige Versandung und Verschlickung, bei deren glücklichem Erfolge man sehr leicht zu einer etwa nöthigen Verhöhung gelangen kann. Indessen erfolgen bei Vorrichtung jener Werke, ungeachtet hier alle Wahrscheinlichkeit für sie spricht, oft die Verhöhungen des Grundes nicht so geschwinde, als man es wünscht, und die dringende Nothdurft, wie hier der Fall ist, und bald noch mehr werden möchte, es erfordern möchte.

Eine schleunige Hülfe und die größte Sicherheit würde ein, bei obgedachtem großen Werke, annoch vorzurichtender Ebbe-Flügel sein.

Dieser Flügel muß an den Deichfuß und die Fluthschlenge anschließen. Er bildet daher mit diesen beiden ein Dreieck, und folglich eine geschlossene Kiste. Weil er dabei sehr flach ist, so schützet er nebst seinen übrigen guten Wirkungen den Deichfuß gegen den oberen Abbruch und befördert die An- und Aufschlickung an demselben; seine Höhe bestimmt der Anschluß am Fluthwerke.

Zu beiden Werken erfolgen hierbei die Anschläge unter Lit. A und B.

Vermuthlich wird es schon bei Anlage der Fluthschlenge in die Augen fallen, ob der Ebbe-Flügel nöthig sei oder nicht?

Eine merkliche Verhöhung in dem Winkel während der Arbeit, dürfte letztere überflüssig machen.

Wischhafen, den 26. October 1783.

A. F. Renner.

Dieses Gutachten, welches ich nebst dem Obigen in unveränderter Orthographie mittheile, zeigt erstens wie R. sich windet, um seine Nachlässigkeit bei seinen frühern Beobachtungen, bei welchen er die Größen der Annäherungen von den Tiefen unbeachtet gelassen hatte, weniger bemerklich zu machen, da er gerade der Mann war, von dem die Landschaft S. D. darüber zuverlässige Aufklärung vertrauensvoll erwartete.

Zweitens, daß er gar die wirkliche Ursache der Stromannäherung nicht richtig erkannt hatte, da er einen Ebbeflügel an der Fluthschlenge in Vorschlag brachte, der doch alle gute Wirkung des Fluthwerks würde völlig neutralisirt und der alsdann mit seiner Uebermacht, alle schädlichen Folgen dieser Art Werke aufs neue würde erzeugt haben. Er war also selbst noch in den alten Silberschlagschen Vorurtheilen befangen.

Folgender Brief an einen der landschaftlichen Committirten zeigt dieses noch mehr.

Hochedelgeb. ꝛc.

Mit vielem Vergnügen erinnere ich mich der Gespräche, welche sowohl zwischen Ew. Hochedelg. wie auch dem Herrn Zitting und mir dem gewiß sehr wichtigen Endzweck meines dortigen Aufenthalts gemäß, gewechselt wurden.

Sie betrafen natürlich die dortigen Wasserbau-Angelegenheiten und ich habe die Ehre, Sie hierdurch aufrichtigst zu versichern, daß sie mir überaus angenehm gewesen sind, ungeachtet Sie eine Verschiedenheit der Meinung in vielen und sehr wichtigen Gegenständen mit den meinigen zu äußern beliebten.

Gegenwärtig wage ich es, Ihren freundschaftlichen Einwürfen gegen meine vorgeschlagene und theils ausgeführte Bauart wiederholend zu begegnen; ich stehe aber nicht dafür, daß ich die Einwürfe genau in der Folge und Ordnung, noch weniger aber mit denselben Worten, wie sie von Ihnen gemacht und von mir beantwortet sind, vortragen werde. Nach dieser zu erbittenden Nachsicht komme ich nunmehr auf die Hauptfrage: Wäre es nicht besser auf die Ebbe, als auf die Fluth gebauet zu haben?

Sie bezogen sich zu Bejahung dieser Frage, a) auf die Schnelligkeit, b) auf die Dauer der Ebbe, c) auf Erfahrungen in meiner Inspection.

Auf a) muß antworten: daß ich zwar niemals die Zeit vergeblich mit Untersuchung der Geschwindigkeit des Ebbestroms noch weniger mit einer Vergleichung derselben mit der vom Fluthstrom verschwendet habe. Eine ungefähre, bei einer nach meinen Einsichten unmöglichen genauen Kenntniß und Bestimmung derselben, war mir hinlänglich, die Stärke meiner Werke festzusetzen und ihre Richtung zu bestimmen.

Die Schnelligkeit des Stroms bei Ebbe und Fluth hat auf meine Werke keinen weitern Einfluß, als den, welchen die Richtung der Ströme dabei macht. Die mir ziemlich genau bekannte Richtung des Fluthstroms nach dem Lande Hadeln zu, die von da, noch durch andere Neben-

umstände verstärkt, auf das Brunsbütteler Ufer stößt, war eine Ursache, Fluthwerke vorzuschlagen; ich bezog mich auf die Stammersche Charte, da ich schon vorher durch stille Bemerkungen von der Richtigkeit meiner Meinung überzeugt war. Selbst die Wahlersche Charte, die ich bei Beantwortung einer von Hrn. Consistorialrath Silberschlag aufgeworfenen Frage empfahl, zeigt — wo ich nicht irre — die Buchten, welche hier schädlich sind, einigermaßen an. Der Anwachs gegenüber an der Salhörne und Brammer u. s. w. zeugen offenbar davon. Ein eben so offenbar damals, als auch noch an den Werken mächtig aufgehender Strom bestätigten mich in meinem Anschlage. Von diesem Umstande kann man sich noch täglich, wie ich noch am 9. d. M. bei Zurückkehr von Priggenhause, überzeugen. Ich wünsche sehr, daß Ew. Hochedelgeb. es gefällig sein wolle, mit einigen Schiffern, die beide Ströme aus mehrjähriger Erfahrung einigermaßen kennen, in der Gegend der Werke eine Beobachtung anzustellen. Sie werden ganz gewiß die Heftigkeit des Fluthstroms nicht läugnen, wenn sie gleich den heftigsten, der erst nach etwa einer oder einer und einer halb n Stunde sich einstellen wird, nicht genau mehr bemerken und folglich vergleichen können.

So stößt nun dieser Fluthstrom auf eine ziemlich lange Strecke dieser Gegend, unter einem beträchtlichen Winkel, wiewohl nicht so anhaltend als die Ebbe sie vorübergehet und auf eine zerstörende Weise. Ich beantworte nunmehr Ihren zweiten Einwurf, b) folgendermaßen:

Der Ebbestrom, so stark und anhaltend er immer sein mag, läuft dem dortigen Ufer, fast soweit mein bisheriger Auftrag und deßwegen von mir gestellten Anschläge reichen, parallel, und da dieses vom Holsten-Graben an, beinahe in

schnurgerader Linie fortgehet, so findet der Ebbestrom keine Gelegenheit irgendwo einzugreifen, es sei denn, daß die Natur der Erdtheile, demselben eine solche zu irgend einem Eingriffe verschaffe. Ganz begreiflich ist es, daß weder die Schnelligkeit noch die größere Dauer der Ebbe, in einer geraden Richtung mit dem Ufer, demselben nachtheilig sein könne, weil außer der Uferbeschaffenheit und dem Strome etwa mehr zugeführten Wasser oder Versandung desselben u. s. w. kein Grund einer Verbreiterung in unserem Falle vorhanden sein kann.

Die Schnelligkeit und längere Dauer der Ebbe, kann also in unserer Lage, wie Ew. H. zu glauben scheinen, keinen Einfluß auf die Richtung der Werke haben. Sie meinen einen Beweis für die Ebbewerke aus der Erfahrung von unserer Elbseite hergenommen, finden zu können. Wenn Sie die Erfahrungen von der Ober-Elbe zum Muster nehmen, alsdann gebe ich Ihnen völligen Beifall. Dort kennt man die Fluth nur dem Namen nach, weil sie dort entweder unbedeutend oder gar nicht ist. Man würde in solchen Lagen auf die lächerlichste Art der Fluth entgegen bauen.

Sollen die Erfahrungen, welche Sie meinen Bauen entgegen setzen wollen, etwas beweisen, so müssen sie entweder aus der Süder-Elbe, an der ich wohne, oder von der Oste hergenommen werden, und so habe ich sie aufgenommen. In solcher Hinsicht muß ich Ew. H. Folgendes auf c) bemerklich machen:

Hier in der Süder-Elbe, wo ein wahres überhäuftes Chaos von Stackwerken ist, ist bald auf Ebbe, bald auf Fluth, bald auf beide zugleich gebauet. Ich habe die Ehre, Sie zu versichern, daß wir Fluthwerke in dieser Gegend haben, die mehr als zu viele Wirkung gethan haben. So

lange meine Vorweser im Dienst sie wegen des durch sie veranlaßten Anwachses fast jährlich um einige Ruthen verlängerten, ist ein solcher Anwachs entstanden, der dem Ufer oberhalb, nach meiner Meinung gefährlich wurde. Aus diesem Grunde lasse ich sie hier in der nun einmal erhaltenen Länge liegen. Neben diesen Werken liegen Ebbewerke, die besser auf die Fluth vorgerichtet wären. Noch im vorigen Sommer habe ich zwei alte Fluthwerke in Ebbeschlengen verwandeln lassen, weil es ihre Lage erforderte.

Sie sehen hieraus unschwer, daß ich keine Ebbewerke verachte, wenn ich sie gleich nicht da anordne, wo der Natur der Sache gemäß Fluthwerke liegen müssen; ich habe ehedem den Abbruch bei St. Margrethen und noch weiter herunter, wie sie sich zu erinnern belieben wollen, aus angeführten Gründen, für ein Werk der Ebbe gehalten, in der Rücksicht auch eine Verbesserung des Höfts auf die Ebbe vorgeschlagen. Andere Werke bei mir sind mit dem rechten Winkel im Strom gebauet, sie erhalten in der Lage zwar den Grund, wie auch viele andere Ebbe- und Fluthwerke, die auch keine gehörige Richtung haben, aber mit welchen Unterhaltungskosten, mit welchem weiteren Nutzen?

Ein Werk muß nicht nur — wenn ich was urtheilen kann — den Grund erhalten, sondern auch eine An- und Aufschlickung, das ist: eine Verbesserung beschaffen. Wollen Sie ein Beispiel von den Werken in der Oste nehmen: so bezeuge ich hiemit meine vollkommenste Zufriedenheit. Diese Werke, welche nicht völlig die Lage erhalten konnten, die sie nach meiner Meinung hätten haben sollen, weil Herr Beckmann, der committirt war, entgegen und für Ebbewerke stimmte, haben gleichwohl sofort nach deren Anlage eine Anschlickung und Aufschlammung bewirkt. Von der Wahr-

heit des Erzählten können Sie sich noch immer an Ort und Stelle überzeugen und ich wünsche Nichts mehr, als das Vergnügen haben zu können, Sie einige Tage bei mir zu sehen, um alle unsere Werke in der Süder-Elbe, mit kritischem Auge zu untersuchen.

Ist es wenig gethan, wenn die bei Ihnen vorgeschlagenen und ausgeführten Werke den Grund erhalten? Ist es wenig, wenn sie einen Anwachs und Verhöhung des Watts verschaffen? Haben sie nicht ein bankiges und schores Ufer abgeflächet? Ist nicht ein, vielleicht über 17 Ruthen lang im freien Wasser gebauetes Werk, fast gänzlich in Schlick vergraben? Gewiß unläugbare Erfahrungen, die Sie nie im Ernste übersehen haben; ich werde noch einmal bei hochlöblicher Landschaft darauf antragen müssen, ein Zeugniß darüber zu geben, weil ich vernehme, daß es Leute geben soll, die meine Werke für Wattenwerke halten.

Aber bei Erwähnung der Größe — die ich gegenwärtig nicht genau bestimmen kann, fällt mir ein anderer Einwurf gegen meine Gutachten, welchen Sie zu machen beliebten, ein. Der Einwurf ist wichtig und beruht auf der Frage:

Wäre es nicht besser gerathen, nur ein oder wenige große Werke, als viele kleinere anzulegen?

Wollen Sie dergleichen Werke, wie die meinigen, dabei auf solchen Tiefen klein nennen? so bin ich's gern zufrieden.

Um des Himmels willen ergreifen Sie ja das einfachste Mittel, nur ein Werk — meine ich — wenn eine scharfe Theorie und Erfahrung es zuvor irgendwo bewährt haben wird. Verscheuchen, tödten Sie ja mit einer Klappe nicht nur viele, sondern auch verschiedenartige Fliegen.

Bei wenigen und größeren, dabei auf solche Tiefen gelegten, befürchte ich billig einen Zwang des Stroms und dessen Einfall auf irgend einen Theil des Ufers. Das darf ich immer Ihren bekannten Einsichten zutrauen, daß es nie Ihre Absicht sein werde, mit größeren Werken ein gegenseitiges Ufer abbrechend machen, oder auch nur einen Sandhügel aus der Mitte der Elbe, wenn einer vorhanden wäre, wegschaffen zu wollen.

Ich könnte Ihnen viele Werke oberhalb Haarburg an der Elbe, — die dort ein Bach gegen die unsrige ist — nennen, die das nicht thaten und auch nie thun werden; das weiß ich aber gewiß: daß wenige Werke zu weitläuftig liegen werden, um gegen den Wellenschlag und dessen Wirkung — den obern Abbruch — einigen Nutzen zu schaffen. Wollte man diesen Fehler durch eine außerordentlich hohe Specken abhelfen, was würde alsdann geschehen? Der Strom würde sich gegen die große Fläche, wie ehemals gegen die Höfter aufthürmen, den dadurch geschwächten Gegenstand übern Haufen werfen und wenn er dazu zu stark gebauet wäre, doch allemal große Tiefen bei den Werken veranlassen, dennoch aber nicht gegen den Wellenschlag decken.

Ew. Hochedelgeb. wissen aus Erfahrungen, die Sie bereits verschiedene Jahre lang gemacht haben, welchen Schwierigkeiten die letzten Lagen am Kopfe, selbst bei Verfertigung meiner sogenannten kleinen Werke — was will an großen werden? — unterworfen, und wie kostbar daher dieselben sind. Es heißt hier gewiß nicht wie bei den Krämern — eine Elle kostet — was kosten —? Hier kann man nicht wie an der Ober-Elbe bei unkennbarer, oder keiner Fluth, mehr als halbe Tage und wohl gar ganze Tage lang einlegen ꝛc. ꝛc. — doch dies darf ich Ihnen nur erinnern.

Noch war es Ihnen gefällig, die Frage aufzuwerfen: Ist es nöthig, bei Priggenhause zu bauen?

Die Schwierigkeiten, welche bei Erörterung dieser Aufgabe eintreten, bestehen lediglich, wie ich bereits einer löblichen Landschaft vor einigen Jahren anheim gegeben, in der Auflösung der Fragen: ob die Elbtiefen dem Ufer näher gekommen, und ob die Abtreibung des Vorufers noch fortgesetzt, oder ob beides zugleich bemerkt werde?

Wenn nun die Peglungs-Protokolle den Abbruch bestätigen, so ist nichts sicherer, als daß vorgebauet werden müsse.

Aber nun ergiebt sich eine andere Aufgabe, nämlich die: Wie ist zu bauen?

Sie wollen sich gefälligst erinnern, daß ich ehemals, als mir alle Hülfsmittel zu einer genauen Local-Kenntniß fehlten, *) nur blos einen oberen Abbruch vermuthete und in der Hinsicht gelinde Mittel, die Vorrichtung einiger Schlickfänger anrieth. Die Ueberzeugung aber, die ich durch die Protokolle von einem untern Abbruch, oder der Annäherung größerer Tiefen erhielt, bestimmten, wie überhaupt, jeden Bau nach dem Umstande:

„Finden sich Tiefen in dieser Gegend, so ist ein Wasser-„werk oder Schlenge nicht allein nützlich, sondern auch „nöthig."

Nach dieser jedem Sachkundigen und auch Unkundigen einleuchtenden Regel, entschied sich die Frage bei der 30 füßigen Tiefe natürlich bejahend.

---

*) Diese haben nie gefehlt, es sind auch keine neueren hinzugekommen, aber R. hatte sich zu sehr auf seinen praktischen Blick verlassen, und jene ältern Angaben vernachlässigt, bis er nothgedrungen dieselben besser würdigen lernte. Vorenthalten waren sie nie gewesen.

Aber sagen Sie, dergleichen Wasserwerke verursachen am Kopfe größere Tiefen; ich will Sie hier auf keine Erfahrungen, die Sie selbst gemacht haben, zurück führen; ich will hier keine Beziehung auf viele Schriften in allerlei Zungen nehmen, nur muß ich sagen, daß die Tiefen bereits beträchtlich sind, und daß ich, wenn ich freie Hände habe, keine Bänke und folglich keinen Zwang zum Bauen abwarten werde. Größere Tiefen erfordern größere Baukosten. Sie erinnern sich, daß ich ein Fluthwerk außerhalb der Hucke vorschlug, unterhalb dem Gefahrdeich, weil ein Fluthwerk seine meiste Wirkung oberhalb verrichtet. Hätte ich ein Ebbewerk anrathen können, alsdann würde es seine Lage oberhalb derselben erhalten haben, weil Ebbewerke nach unten besonders wirken.

Sie scheinen mir hierauf wohl die Nothdurft des Baues einräumen, aber kein Fluthwerk stattfinden lassen zu wollen. Weil Sie

1) die Ebbe für die Ursache des Abbruchs,
2) ein großes vorzurichtendes Ebbewerk noch immer für hinlänglich hielten, die ganze abbrüchige Stelle beschützen zu können.

Beinahe hätte ich Ihre Vertheidigung der Ebbewerke für einen Spaß gehalten, wenn Sie mir selbige nicht bei der Gelegenheit, da uns unsere Unterredung auf die Umstände bei Priggenhause führte, sehr ernsthaft und methodisch vorgestellt hätten.

Sie machten sich, wenn ich es recht begriffen, ungefähr folgendes Schema von der Gegend dortiger Elbe:

Sie stellen sich das Elbufer dort a b (Tab. II. Fig. 22.) kleine Abweichungen, die kein vernünftiger Mann in Betrachtung ziehen wird, ausgenommen, als gerade vor, und

schließen sodann aus der Dauer und Heftigkeit des Ebbestroms auf dessen Schädlichkeit und den größeren Nutzen der Ebbe- als Fluthwerke, gegen die Folgen der Ströme.

Wenn ich mir das Elbufer auf ein paar Meilen oberhalb und unterhalb unserm Bauort, und folglich von a nach b gerade gedenke, noch mehr aber, wenn der Hauptstrom oder das Fahrwasser mit dem Ufer parallel läuft, alsdann räume ich Ihnen mit vollem Beifall alle Vorzüge, welche Sie dem Ebbewerke gönnen, willig ein. Selbst das steile Werk e f würde bei der Erhaltung des Grundes, welche alle Arten gewähren können, noch Vortheile schaffen, die dem Fluthwerke g h mangeln.

Aber Sie irren sehr, wenn Sie sich das Ufer so gerade denken, und Sie würden auch Andere zu gleichem Urtheil leiten, wenn Sie als Sachverständiger mit Unkundigen so philosophirten.

Die ältesten Charten von Müller, Janßen u. s. w., ich schäme mich fast die neuere von Wohlers wegen ihrer vielen Fehler anzuführen, sind eben so viele Zeugen von den Buchten ober- und unterhalb unserm Bauplatz, welche auch auf unsere Bauart Einfluß haben.

Noch mehr, ich will alle Krümmungen, alle Buchten der Elbe, welche sonst eine Beziehung auf Abbruch haben, gerade sein lassen und nur einige Nebenumstände, die auf Fluth und Ebbe und deren Direction und folglich deren Wirkung Beziehung haben, anführen.

Bekanntlich fällt die Süder-Elbe oberhalb Brockdorf in die Norder-Elbe und beide bekommen also nach der Regel der Mechanik, nach welcher zwei in Bewegung gesetzte und sich berührende Körper einen andern Weg nehmen, eine diagonale Direction auf die Ufer von Brockdorf und St.

Margrethen, die mit den Kräften und Winkeln, welche die Ströme mit einander machen, in Verhältniß stehet. Hier ist der Beweis für meine Vorschläge zu Ebbewerken oberhalb dem obersten Höfte. Einen ähnlichen Beweis kann ich für meine Fluthwerke unterhalb jenem Werke führen. Man sehe die Charte (Tab. III.) Wenn die Fluth aus der Elbe in die Oste tritt, giebt diese Fahrt des Wassers ganz natürlicher Weise der ganzen Fluth von Ritzebüttel an einen Zug zu beiden Seiten auf die dortigen Ufer. Der Zug oder Stoß kommt von jenen Ufern, auf die von Brunsbüttel. Gesetzt also, beide Ufer der Elbe wären von Colmar an, bis an die See, schnurgerade, was würde die Süder-Elbe thun? Sie wird durch ihren Einfallswinkel und Kraft der Norder-Elbe, welche in ihren geraden Ufern unschädlich dahin strömen würde, eine schiefe Richtung auf das Brockdorfer Ufer geben und solches angreifen, wenn es nicht mit parallelen oder Ebbewerken geschützt würde. Wäre bei jenen Voraussetzungen keine Oste, so würde auch die Fluth unschädlich sein, weil sie mit den geraden Ufern gleichlaufend, vorüberschleichen würde. Aber nun bekommt sie vermittelst des Einsturzes in die Oste, einen Zug und Direction nach dem Lande Hadeln und Neuhaus hin und fällt von da auf die Brunsbütteler Ufer zurück.

Auf solche Art kann ein schnurgerader Strom oder Canal, Krümmungen im Fahrwasser, selbst ohne Veränderung der Ufer erhalten. Sehen Sie, das würde ein natürlicher Erfolg selbst bei ganz geraden Ufern sein. In der That aber sind die Ufer weder gerade, noch weniger — wenn sie es auch wären — läuft das Fahrwasser vom Lande Hadeln her, mit denselben parallel. Folglich ist hier der Ort, wo auf die Fluth gearbeitet werden muß.

Ein ungefähres Schema von dem Strome, soweit er Einfluß auf unsere Ufer und Bauart hat, mag — Kleinigkeiten bei Seite gesetzt — Tab. III. Fig. 2. sein.

Aus diesem ist sichtbar, daß die Ebbe auf eine ziemliche Strecke der Gegend oberhalb Brunsbüttel, weil sie mit dem ziemlich geraden Ufer parallel geht, keinen Schaden thue.

Eben dies gilt von der Fluth bei St. Margrethen und Brockdorf u. s. w. Hier ist also die Ebbe, wie dort die Fluth, die Ursache des Abbruchs.

Ew. Hochedelg. sehen also, daß sowohl meine Fluth- als Ebbewerke: die Früchte einer reifen Ueberlegung und nicht blos Geburten der Praktik sind. Und welche Dictatur wird mich zu einem bloßen Praktiker herabsetzen wollen? *)

Statt Ihres Universal-Medicaments, einer großen Ebbeschlenge, müßte also auch ein Fluthwerk bei Priggenhause angeordnet werden. Gesetzt nun, man wolle ein großes Ebbewerk statt mehrerer oder vieler kleinen, — wie Sie meine Werke nennen — bauen; was würde der Erfolg sein? Nicht allein besorglich, sondern ganz gewiß würde sich der Strom rächen. Bekanntlich wirken jene Werke auf eine nicht große Strecke und zwar nicht parallel mit den Ufern. Ein großes Werk a b (Tab. III. Fig. 2.) das will ich nun einmal zugeben, soll hier außerordentlich gute Wirkung thun; ich will es hier vor Augen legen. Es soll neben sich Alles, selbst meine kleinen Fluthwerke überschlicken und versanden. Die beste Wirkung wird doch wohl endlich sein müssen?

---

*) Dies bezieht sich auf mehre Stellen in den Tetenschen und Büschen's Gutachten, die von R. als einem bloßen Praktiker herabwürdigend gesprochen hatten.

Sie höre also in x und y auf. x soll bei St. Margrethen, y bei Priggenhause sein.

Das Werk a b wird 3 Buchten in der Elbe, wovon zwei bei x und y, gefährlich werden, wenn nicht durch andere Mittel solches verhindert wird; ich sage: die Buchten bei x und y, werden um so gefährlicher werden, als größer man das Werk a b macht. Je größer dieses ist, unter einem desto größeren Winkel fallen die Ströme bei x und y ein und desto nachtheiliger wirken sie doch wohl auf die Ufer?

Da auch die Abschälung ihren dortigen Ufern sehr nachtheilig ist und jeder Bau billig eine Beziehung auf selbige nehmen sollte, so könnte ich, da die Rede von Ebbewerken ist, sehr Vieles vom Winde und dessen machenden Abbrüchen, Gegründetes sagen.

Ihre Geduld würde ich, ungeachtet ich weiß, daß die oft beregte Sache Sie sehr beunruhiget, Sie beständig darüber denken und gern davon sprechen, zu sehr mißbrauchen, wenn ich noch mehrere Aufhellungen hinzufügen wollte.

Nehmen Sie diesen Brief, wenn Sie den Inhalt desselben werth genug halten, als ein Denkmal meiner Achtung für Sie als einen Mann auf, der in einer Kunst von der Dieselben keine Profession machen, nach Anleitung der Natur, die reifeste Ueberlegung gebraucht.

Leben Sie recht wohl ꝛc. ꝛc.

Wischhafen, den 20. April 1784.

A. F. Renner.

Wenn man in den sämmtlichen Rennerschen Aufsätzen, bei seinen Vorstellungsarten von den Ursachen der Richtungen

der Ströme, zuweilen an die Fabel von dem Wolf und dem Schafe erinnert wird und darin manche irrige Meinungen entdeckt, so waren seine Vorschläge doch bis dahin die zweckmäßigsten, welche die Landschaft erhalten hatte und sie konnte zu denselben mehr Zutrauen fassen, als zu allen übrigen Angaben solcher Männer, die nicht einmal Kenntnisse des Faschinenbaues und keine eigenen Erfahrungen besaßen, wogegen R. sich als einen gewandten Praktiker gezeigt und Werke zu Stande gebracht hatte, die im Vergleich mit den hölzernen Höftern, sowohl wegen ihrer eignen Festigkeit als wegen partieller guter Wirkungen, sich schon empfohlen hatten. Aus allen Angaben R's geht aber hervor, daß er den Fluthstrom für einen wichtigern Feind als den Ebbestrom hielt, diesen daher gar nicht beobachtet und seine einfallende Richtung nicht untersucht hatte, vielmehr jenem die Annäherung der Tiefen und den Abbruch zugeschrieben und dagegen declinirend wirken zu können glaubte.

Mit dem Werke bei Priggenhause wurde inzwischen noch nicht angefangen, theils weil die Arbeiten der übrigen Schlengen besonders an der neuen Schlenge unterhalb des mittelsten Höftes zuviel Materialien und Kosten erforderte, theils weil die Jahrszeit schon zu weit vorgerückt war, um diesen Bau noch in diesem Jahre beendigen zu können.

Die bereits angelegten drei Werke, welche nicht zu ihrer bestimmten Länge in einem Jahre hatten ausgeführt werden können und die wegen der noch mangelhaften Form und wegen der öfteren stürmischen Witterung viel auszuhalten gehabt hatten, gaben noch immer Veranlassung zu Mißtrauen gegen die neue Bauart, und hatten auch wirklich das Ufer zunächst unterhalb ihrer Köpfe stärker beschädiget, als dies vorher an dem bloßen Watte geschehen war. Denn

da der nur theilweise aufgehaltene Ebbestrom (wovon man damals aber keine Ahnung hatte) von dem hydrostatischen Gegendrucke des in dem spitzen Winkel des Fluthwerks in Stillstand gebrachten Wassers, noch nicht völlig contrebalancirt wurde, so fiel er mit seiner größten Gewalt gegen die noch nicht in gehöriger Dossirung da stehenden Köpfe der Werke, griff unterhalb derselben in die Tiefe und brach das Ufer bankweise ab. Dadurch entstanden Senkungen an den Spitzen der Werke selbst und es wurden sogar einzelne Stücke von ihrer hinteren Verbindung losgerissen. Selbst die größere Heftigkeit, mit welcher der Ebbestrom an den Werken vorbei strich, und in die Tiefe eingriff, erschwerte und verzögerte die Arbeit, hinderte die Vollendung der Werke und vermehrte den Kosten-Aufwand. Daher erforderten die Arbeiten längere Zeit, als man dazu nöthig zu haben geglaubt hatte.

Der wahre Vortheil, welchen man aus den Erfahrungen dieser Jahre und durch fortgesetzte Beobachtungen der Werke mit ihren Wirkungen zog, war: daß man nach und nach die völlige Ueberzeugung erhielt:

„daß der Ebbestrom die einzige Ursache der Uferbeschädi-
„gungen und mit Annäherung der Tiefen der Erniedrigung
„des Wattes sei.“

Ich nenne die Erlangung dieser Kenntniß einen großen Vortheil, weil mit derselben die bisherige Ungewißheit über die Ursachen der Uferbeschädigungen aufhörte und man nur noch auf die Auffindung der Mittel zu Abhaltung des Uebels denken durfte.

Die Arbeiter hatten zwar die nöthige Fertigkeit erhalten, die Stakwerke in großer Vollkommenheit zu machen und besonders wußten sie große Senklagen mit vieler Ge-

schicklichkeit in den größten Tiefen an ihre bestimmten Stellen zu bringen; allein auf eine mathematische oder hydrodynamische Bestimmung der Größe, Richtung und Form der Werke, hatte man sich so wenig in dem Gutachten, als bei der Ausführung eingelassen. Man befolgte also nur einige Erfahrungen, ohne einmal zu untersuchen, ob die Localitäten auch genau übereinstimmten und zwar um so eher, weil R. selbst solche Untersuchungen für überflüssig und seinen praktischen Blick für treffend genug hielt. Die Natur aber, welche nicht leicht Vernachlässigung ihrer Ordnung und Gesetze ungestraft läßt, rächte sich auch hier sehr bald und führte gewissermaßen selbst den Beweis:

„daß nur genaue Ausführung der Gesetze und Verhält„nisse, unter welchen sie wirkt, zu Erfindung der Mittel „führen könne, mit welchen ihre Wirkungen sich modifi„ciren lassen."

Bei den vielen Widersprüchen, die sich in dem vorliegenden Gutachten verschiedener Sachverständigen unter sich, und in den meisten hydrotechnischen Schriften, mit den hier schon gemachten Erfahrungen fanden, konnten wohl die landschaftlichen Committirten solche Untersuchungen über Stromrichtung, Geschw. und dergl. für überflüssig halten, da die allgemeine Meinung es für unmöglich hielt, bei diesen Gegenständen zu einem bestimmten Resultate zu gelangen. Es mag für Wasserbaumeister an obern Strömen, die nur mit einer Stromrichtung zu thun haben und Ebbe und Fluth nicht kennen, wohl sonderbar scheinen, daß man hier so unentschlossen war; wer aber mit den großen Bewegungen beider Ströme in der Elbe, besonders den vom Sturm getriebenen Fluthstrom bekannt ist, der wird jene Bedenklichkeiten nicht gänzlich ungegründet finden.

Im Herbste 1784 waren die drei oberen Schlengen größtentheils zu Stande gebracht und man war, der Schwierigkeiten ungeachtet, die man der stürmischen Witterung wegen dabei zu überwinden gehabt hatte, soweit gekommen, daß man die Wirkung derselben genau beurtheilen konnte.

Die fernern Arbeiten in den Jahren 1785 und 86 erstreckten sich nur auf Ausbesserungen an den Köpfen der Werke und an den vom Eise beschädigten Decklagen derselben.

Das Werk bei Priggenhause wurde erst im Jahre 1787 angefangen.

Man hatte an allen diesen Werken, die, wie schon mehrmals erwähnt, declinirend auf die Fluth absichtlich angelegt waren, durchaus mit der Gewalt des Ebbestroms zu kämpfen und die Beschädigungen, welche dieser verursachte, öfters auszubessern.

Bei einer von den obern Schlengen und der bei Priggenhause, trat der Fall ein, daß die zu Beschwerung der Senklagen aufgebrachten Soden von dem Wasser ausgewaschen wurden, wodurch sie ihre Dichtigkeit verloren und einen Durchfall des Wassers veranlaßten, der auf der Fluthseite große Tiefen einriß. Auch an den Köpfen riß der Ebbestrom große Kolke ein und an den Werken bei Priggenhause wurde ein solcher dicht am Kopfe und auf der Fluthseite 52 Fuß tief gefunden.

Dieser Umstand mußte nun die Committirten belehren, daß der Ebbestrom es allein sei, der die Verwüstungen anrichte, und daß man daher die Haupt-Aufmerksamkeit auch auf denselben zu richten habe.

Der damals bei den Wasserbauten fungirende Conducteur Zitting suchte nun zwar die entstandenen Tiefen durch eingeworfene Senkwasen wieder auszufüllen und dadurch den

beschädigten Werken wieder Festigkeit zu verschaffen; allein die Unzulänglichkeit seiner Methode zeigte sich bald, und da Material und Kosten allemal gänzlich verloren gingen, so war das Geld im eigentlichen Sinne in das Wasser geworfen.

Gegen dieses Verfahren erklärte sich besonders einer der landschaftlichen Committirten, der Landesgevollmächtigte Schlichting, welcher bei allen bisherigen Stakarbeiten die Aufsicht geführt hatte und der mit allen Einzelnheiten und Vorfällen, die sich alle unter seinen Augen gezeigt hatten, am besten bekannt war. Er bewies theils aus allgemeinen Erfahrungen an allen Arten von Abdammungen, theils mit von den Werken selbst hergenommenen Bemerkungen, daß alle Versuche dem Wasser auf der untern Seite eines Werkes widerstehen zu wollen, vergeblich wären, den Zweck nie erreichen könnten, sondern vielmehr das Uebel vergrößeren müßten.

Unter solchen Bemühungen, die Werke selbst an ihren Spitzen zu erhalten, war man bis zu dem Jahre 1796 gekommen, wo die Gefahr bis dahin am größten geworden und die Tiefe bei Priggenhause sich so sehr genähert hatte, daß man schon in den nächsten Jahren die Unterwühlung und den Uebersturz des Deiches zu befürchten hatte; als der Verfasser dieser Geschichte — (damals Landbaumeister in fürstl. Schaumburgschem Dienste) bei seiner zufälligen Anwesenheit in Süder-Dithmarschen, von den landschaftlichen Committirten zu Rathe gezogen wurde.

Nach Besichtigung der Ortslage und Vergleichung der Charten und vorgegangenen Veränderungen konnte derselbe sofort den Hrn. Committirten den ganzen dynamischen Zusammenhang, besonders die bisher gänzlich versäumten Rücksichten erklären und Vorschläge machen, welche durch die

leichtesten und wohlfeilsten Mittel einen Zustand der Sicherheit und weiterhin Verbesserung des Wattes und Vorufers herbeiführen konnten. Er bewies nämlich:

1) Daß der Ebbestrom seiner Natur nach nur allein auf die Tiefen wirken und Abbruch der Ufer an ihrem Grunde verursachen könne, daß aber der Fluthstrom, welcher mit Wellenschlag verbunden, wohl auf dem flachen Watte und an den grünen Vorufern Abschälungen mache, doch gar keine Kraft habe auf eine Tiefe über 5 bis 6 Fuß in den Grund zu wirken, vielweniger selbst große Tiefen zu machen. Ferner zeigte er

2) wie der Ebbestrom durch die gewöhnlichen, freilich oft sehr verschiedenen Veranlassungen, der von ihm erzeugten Tiefe folgen müsse und danach die Richtungen des Fahrwassers bilde. Eben daher aber, und weil über den größten Tiefen die Schnelligkeit des Stroms am größten sei und die Oberfläche des Wassers niedriger wäre, als seitwärts des mittelsten starken Stromstrichs; der wiederkehrende Fluthstrom auch dieser Niedrigung des Ebbestroms folgen müsse. Die Bahn, welche jeder Fluthstrom zu nehmen habe, sei also durch den Ebbestrom vorbereitet und bedingt, daher Hrn. Renner's Vorstellung von dem Zuge der Fluthströme ganz irrig, da dieselbe in den Strömen nicht primitiv, sondern blos secundair sich verhielte.

4) Alle declinirende Ebbewerke erzeugen in großen Strömen den Nachtheil, daß sie mit verstärkter Kraft an das untere Ufer wieder anfielen und wo einmal ein solches Werk angelegt sei, eine ganze Reihe ähnlicher erforderlich werde.

5) Werke, welche den Fluthstrom zu decliniren angelegt wären, könnten diesen Nachtheil nicht haben, weil sie, bei dem nicht in die Tiefe wirkenden Strome, keine solche

Rückfälle machten. Uebrigens schafften sie auch in Hinsicht dieser Ströme keinen Nutzen, könnten aber durch ihren Widerstand bei Wellenschlag unter schiefen Richtungen des Windes dem Watte und Vorufer oft Schaden thun. Sie wären aber

5) das einzige wirksame und — in richtiger Lage eingebracht, zugleich unschädliche Mittel, wodurch die Angriffe des Ebbestroms geschwächt und vernichtet werden können, weil man einer solchen Naturkraft, wie ein schneller Ebbestrom äußert, nicht mit starren Mitteln auf die Dauer begegnen könne, sondern sich nur so zu verhalten habe, daß eine eben so große Kraft des Wassers der ersten widerstehen könne oder mit andern Worten, man müsse die schädliche Bewegung durch Erzeugung des hydrostatischen Gleichgewichtes zu mäßigen suchen. Dieses eben wäre es, was die Fluthschlengen nach den darüber gemachten Erfahrungen wirklich leisteten, indem in ihrem spitzen Winkel an der Ebbeseite eine Masse Wassers in Ruhestand versetzt würde und nun mit ihrem hydrostatischen Seitendrucke, dem Strome widerstände und denselben mit seiner Tiefe weiter vom Ufer entferne. Man könne durch dieses Mittel den größten Strom auf jede beliebige Weite vom Ufer entfernen und hohes Land wieder gewinnen, nur möchten für diesen Zweck die Kosten in keinem guten Verhältniß zu den möglichen Acquisitionen stehen. In der jetzigen Lage komme es zuerst darauf an:

6) Die, ohne alle hydrodynamischen Rücksichten angelegten Werke, in solchen Zustand zu versetzen, daß ein jedes sich selbst erhalten könne und in seiner Beziehung zu den nebenliegenden so nützlich als möglich, oder wenigstens für dieselben untereinander, unschädlich gemacht werde, wel-

ches sich wohl mit verhältnißmäßig geringen Kosten werde bewerkstelligen lassen.

Diese in mehreren zu diesem Zweck gehaltenen Versammlungen der Hrn. Committirten, unter beständiger Bezugnahme auf Charten, Protokolle und andere historische Data, vorgetragenen Sätze überzeugten dieselben, daß es hier auf ganz andere Betrachtungen ankäme als bisher von den befragten Sachverständigen aufgestellt worden waren. Der Verfasser dieses erhielt daher den Auftrag, seine Meinung und Vorschläge wie die Sache am leichtesten und zweckmäßigsten anzugreifen sein möchte, in einem Gutachten abzugeben, dabei aber alle Demonstrationen und theoretische Erörterungen bei Seite zu setzen und nur solche Beweise von der Oertlichkeit aufzunehmen, wodurch auch Unkundige an Ort und Stelle sich überzeugen könnten, vor allem aber wegen des in Noth befindlichen Werks bei Priggenhause bestimmte Vorschriften zu ertheilen. Es wurde daher folgendes Gutachten im Januar 1797 ausgestellt:

Der Abbruch und die große Vertiefung, welche bei dem Kopfe der sechsten Schlenge bei Priggenhause sich vorfindet, ist im Verhältniß mit dem sonst gewöhnlichen Schaden, welcher sich an den Köpfen anderer Fluthwerke und besonders hier an den Köpfen der übrigen am Brunsbütteler Deiche belegenen Fluthschlengen zeigen, viel zu beträchtlich, als daß derselbe nicht fortgesetzte Aufmerksamkeit verdiente. Soweit man bisher gegangen ist und nach dem, was aus den verschiedenen Bedenken sachverständiger Männer erhellet, scheint man sich zunächst an die Mittel gehalten zu haben, welche die Erfahrung zu Abstellung des Schadens an die Hand gab, und die fast allein die statische Festigkeit der Werke betrafen.

Man hat aber nicht genug auf die Zusammenstellung der verschiedenen Umstände geachtet, welche die Anwendung jener Mittel auf eine oder die andere Art bestimmen müssen, oder mit anderen Worten: man hatte die Sache in keinen theoretischen Zusammenhang gebracht, sondern einzelnen Erfahrungen gefolgt, die noch keine Gewißheit für den Erfolg geben konnten.

Und doch muß bei bekannten Mitteln es sich theoretisch genau bestimmen lassen, wie weit dieselben anwendbar sind, wie groß ihre Wirkung in Folge der Lage eines Werkes sein werde und umgekehrt, welche Größe, Form und Lage ein Werk haben müsse, um eine beabsichtigte Wirkung hervorzubringen?

Schon längst hatte man gefunden, daß die Höfter oder die mit eingerammten Pfählen gemachten Werke, welche dem Strome eine beinahe senkrechte Fläche darbieten, die größten Vertiefungen vor den Köpfen machten und dadurch den Strom immer mehr an ihre Seite anzogen. Zugleich fand man aber auch, daß dieselben nur daselbst Haltbarkeit hatten, wo eigentlich keine Gefahr vorhanden war, hingegen daß sie an schlimmen Stellen nur den Schaden vergrößerten. Dies letzte war der Fall mit den Höftern an dem vormaligen Brunsbütteler Außendeiche, wobei man auch überzeugt worden war, daß außer dem Mangel an Böschung, die sonst die Kraft des Wassers allmählig schwächen kann, auch die Lage der Höfter unter einem rechten Winkel auf die Uferlinie, dem Wasser einen Widerstand leistete, welchen sie durch ihre Festigkeit nicht souteniren konnten.

Andere Erfahrungen hatten unlängst den Nutzen gut verfertigter Buschschlengen gezeigt und demnach war kein Zweifel vorhanden, welche Art zu bauen man wählen solle?

Nach den Vorschlägen und der Anweisung des Oberdeichgrafen, wurde die erste Fluthschlenge unter einem Winkel von 45 Grad auf die Uferlinie aufwärts oder an der Fluthseite von 135° angelegt, und diese erhielt sich mit dem besten Erfolge. Die übrigen drei wurden mit dieser parallel gelegt und zeigten ebenfalls gute Wirkung. Nur die sechste Schlenge, welche an der Stelle, wo der Strom am stärksten wirkt, weil sie auch unter 45° auf die sich zurückziehende Deichlinie angelegt, dem Stromstriche einen viel größern Winkel entgegen setzte und die überdies wegen der großen Tiefe und kürzern Lage auf dem Watte, weniger eigne Festigkeit besaß, wollte sich nicht erhalten.

Zwar sind die zweite und vierte Schlenge an ihren Köpfen auch sehr angegriffen, aber bei ihnen ist wegen des breiteren Wattes die Gefahr noch nicht so groß und so nahe als bei der sechsten Schlenge, wo schon der Deichfuß bedrohet wird, wenn die Beschädigungen daselbst in demselben Maße wie bisher zunehmen sollten.

Wenn nun nach den bisherigen Erfahrungen, ein Werk unter 45° eine weit dauerhaftere Lage als anderes unter einem rechten Winkel hat; wenn durch jenes der Ebbestrom wirklich besänftiget, durch dieses aber nur aufgehalten und durch diesen Widerstand so sehr verstärkt wird, daß seine vermehrte Kraft in dem Vertiefen des Grundes sich zeigt, so müßte hieraus ja wohl folgen:

„daß ein Werk, welches unter noch kleinere Winkel „als von 45° liegt, dem Ebbestrom einen geringeren „Widerstand thun und ihn deßhalb allmähliger besänftigen müsse; daß ferner eben daher die Wirkung der „Schlenge etwas geringer, aber auch desto sicherer, also „auch die Dauerhaftigkeit des Werkes gewiß sein werde.“

Dieser Satz scheint gewissermaßen schon durch die Erfahrung hier bestätiget zu sein. Wenn nämlich die von Hrn. Zitting gezeichnete Auslöthungs-Charte vom 7. August 1795 richtig ist, so befindet sich die Lage der siebenten Schlenge unter einem viel kleineren Winkel als die sechste, und gerade die siebente Schlenge ist diejenige, welche unter allen an ihrem Kopfe sich am besten hält.

Die siebente Schlenge liegt unter einem kleineren Winkel als die sechste, diese leidet vielmehr als jene, mithin muß die Lage der siebenten Schlenge viel sicherer und besser sein, als die der sechsten.

Um nun auch der sechsten Schlenge diese bessere Lage zu geben, dürfte sie nur an ihrer Ebbeseite verstärkt werden, so daß man dadurch ihren Winkel nach und nach verkleinert. Die Fluthseite derselben ließe man dabei ganz unberührt — weil diese keine reagirende Wirkung hat und sich indifferent verhält — und erwartete dann, daß durch die Anschlickung der gegenwärtig vor ihrem Kopfe entstandene Kolk, sich zusetze.

Man wird dadurch in den Stand gesetzt werden, *nach* und nach, so wie die Anschlickung sich vermehrt, das Werk zu verlängern und ein abgeflächtes Watt zu erzeugen, welches den Deich vollkommen schützt. Denn ein Werk, welches unter einem kleineren Winkel angelegt ist, wird mit aller Sicherheit verlängert werden können, da man durch dasselbe den Ebbestrom zwar schwächt, dabei aber seinen bösen Wirkungen, die er gegen wirklichen Widerstand äußert, sich nicht aussetzt.

Auch Hr. D. Renner räth zu Verbreitung und Anstärkung der Ebbeseite an dieser Schlenge, ohne jedoch die von mir angeführten Gründe zu berühren, da diese doch

gewiß alle Aufmerksamkeit verdienen. Er, und mit ihm ein jeder andere Sachverständige, muß überzeugt sein, daß diese Schlenge ihre Wirkung vollkommen thun würde, wenn man sie hinreichend verlängern könnte, aber was hilft das? wenn man nicht Kräfte genug hat, diese Verlängerung auszuführen; wenn man gegen den Ebbestrom als einen Feind angehet, dessen Kräfte sich bei jedem Schritte, womit man gegen ihn vorrückt, vervielfachen und in solchem Verhältniß wachsen, daß man ihnen nie gleich kommen kann und der durch seine widrigen Wirkungen an allen zu kühnen Versuchen sich rächt?

Ich glaube, daß man unter den jetzigen Umständen eine Verlängerung der Schlenge für unthunlich hält, aber deßwegen ist gar kein Hinderniß vorhanden, den vorgeschlagenen Weg zu wählen, und — wiewohl etwas langsamer, doch — sicherer dem Ziele sich zu nähern.

W. Meißner,
Landbaumeister.

Nachdem man über dieses Gutachten den Obd. Renner befragt und derselbe die Meinung desselben gebilligt hatte, so beschloß man zwar den Vorschlag wegen der Verstärkung der Ebbeseite dieser Schlenge zu befolgen, aber, wie ich zu vermuthen Ursache hatte, nicht aus dem reinen Grunde: daß

„es allein auf Verkleinerung des Winkels, in welchem „das Werk auf die Uferlinie und den Stromstrich liegt, „ankomme,

sondern wohl mehr deßwegen, „weil derselbe das leichteste „Mittel darbot, der Schlenge Stärke und Haltbarkeit, „welche bei allen bisherigen Verstärkungsarbeiten immer „mehr abgenommen hatten, wiederzugeben,“

und in der That hatte auch die Erfahrung bewiesen, daß mit allen bisherigen Mitteln nichts zu erreichen gewesen war. Vielleicht glaubte man auch, daß der Vorschlag im äußersten Falle, wenn er seinen Zweck auch nicht erreichte, doch nur ein unschädliches Mittel sei, bei dem man nicht so sehr, wie bei den bisherigen Arbeiten an der Fluthseite des Werkes, den Verlust der Materialien zu befürchten habe.

Die Schlenge wurde daher, soweit sie immer im Wasser lag, an ihrer Ebbeseite so verstärkt, daß sie einen viel spitzern Winkel mit der Uferlinie machte, dem Strome kein so großes directes Hinderniß in den Weg stellte und dadurch den heftigen Umfall um den Kopf des Werkes mit allen seinen schädlichen Folgen verminderte.

Die Erfahrung erwies auch sehr bald die Richtigkeit dieses Verfahrens, denn nach der 1797 gemachten Arbeit, fingen die Tiefen an der Fluthseite sogleich an zuzuschlicken, das Watt zwischen den Werken erhielt wieder eine gerade Linie und sanftere Abflächung, wie dies in der Charte Tab. III. Fig. 2 und aus dem Pegelungs-Profile von 1802 Tab. II. Fig. A und B zu ersehen ist.

In diesem Zustande hatte sich das Werk von 1797 bis 1806 — wo ich dasselbe zuletzt sah, erhalten. Man war 1797 dahin gekommen, daß man das am meisten in Gefahr stehende Werk bei Priggenhause in seiner neuen Form und mit hinreichender Wirkung gegen Annäherung der Tiefen erhalten konnte, ohne daß man in diesen 9 Jahren nöthig gehabt hatte, etwas Neues vorzurichten.

Von der fortgesetzten Anwendung dieser neuen Lehre, bei welcher mit geringer Abänderung in der Form der übrigen vorhandenen Werke, seit 1797 schon längst ein breiteres Watt und zunächst an dem Deiche sogar grünes Vorland

zu erzeugen gewesen wäre, hat man noch keinen Gebrauch gemacht und sich bei dem bis dahin erreichten Zustande der Sicherheit beruhigt. Dies kann auch einer Landschaft nicht verdacht werden, da sie nach so vielem vergeblichen Kosten-Aufwande, von den Wasserbauten abgeschreckt, mit einem mäßigen Sicherheits-Zustande sich begnügte.

Die seit 1798 eingetretenen Veränderungen in der Leitung der Wasserbauangelegenheiten, scheinen, nach Allem, was mir darüber bekannt geworden ist, keine Vortheile für die Landschaft Süder-Dithmarschen und am wenigsten für die dabei zunächst interessirten Kirchspiele hervorgebracht zu haben.

Man hat in den seitdem verlaufenen 37 Jahren die älteren Erfahrungen nicht zweckmäßig benutzt und die wissenschaftliche Kenntniß derselben vernachlässigt; daher sollen Vorland und Deiche wieder in derselben Gefahr stehen wie früher. Dies wäre aber in der That ein trauriges Loos, das man sich in der besten Absicht durch Anstellung sogenannter Sachverständiger bereitet hätte.

Ueberhaupt aber muß es auffallen, daß die wichtigen Erfahrungen, welche bei den Süder-Dithmarschen Wasserbauten gemacht wurden, in der Hydrotechnik im Allgemeinen nicht mehr benutzt worden sind; dies lag aber in den dortigen Verhältnissen selbst.

Die landschaftlichen Committirten, welche über 30 Jahre lang die Wasserbauten besorgt hatten und die den ganzen Gang dieser Sache genau kannten, sind schon seit vielen Jahren mit Tode abgegangen. Es ist schon lange nicht mehr möglich gewesen, von dem wahren Zusammenhange der Sache sich zu unterrichten, da außer jenen Männern Niemand jemals genaue Kenntniß davon gehabt hat,

und da die vollständigen Acten über alle Verhandlungen, welche dem Verfasser dieser Schrift zu Gebote standen, nicht einmal in dem landschaftlichen Archive vorhanden sind. Daher konnte man von den Grundsätzen, welche bei diesen Bauten befolgt worden waren, späterhin auch nichts Zusammenhängendes erfahren, da die noch immer herrschende Meinung über die Brauchbarkeit declinirender Werke der richtigern Vorstellungsart sich entgegenstellte. So erinnere ich mich noch genau der Mühe, welche ich hatte, den damaligen Landbaumeister Funk in Minden, von der Zweckmäßigkeit der inclinirenden Einbaue theoretisch zu überzeugen und ihm die an den Dithmarsischen Ufern gemachten Erfahrungen als glaubhaft darzustellen. Nur erst als ich ihm sagte: daß er sich sogleich von der Richtigkeit meiner Behauptung mit ein paar Faschinen, die er in jedem fließenden Wasser gegen einen einfallenden Stromstrich richte, überzeugen könne, so gab er — eben weil dieser Versuch so leicht anzustellen war — nach, versprach sich davon zu überzeugen und dann die Idee (1799) anzuwenden.

Doch wenn reisende Hydrotekten, die, um sich zu belehren — wie vor einigen Jahren einige Preußen — in den Werken bei Brunsbüttel nur ganz gewöhnliche Faschinenbaue sahen, denen keine besondere Wichtigkeit zuzuschreiben sei, so beweiset dieses, daß sie weder die Wirkungen der Ebbe und Fluth daselbst, noch irgend etwas von der Geschichte dieser Bauten begriffen hatten. Das Reisen und Besuchen solcher Orte, wo wichtige Wasserbauten gemacht worden sind, möchte an sich ganz nützlich sein, wenn die Beobachter nur Zeit genug dazu anwendeten, die Sachen auch gründlich kennen zu lernen. Aber so ist es auch schon geschehen, daß man sich, wegen der bekannt gewordenen Eigen-

schaften der inclinirenden Einbaue — deren Erfinder man nicht wußte, ihre Erfindung, oder wenigstens erste Anwendung anmaßen wollte, ohne einmal im Stande zu sein, die guten Wirkungen derselben auf eine wahrscheinliche Art zu erklären.

Jedoch sind diese guten Eigenschaften der inclinirenden Werke weder allgemein bekannt noch gehörig anerkannt, da man selbst in dem Lande, wo ihre Güte zuerst unwidersprechlich constatirt wurde, von denselben keinen nützlichen Gebrauch zu machen weiß. Wie wäre es sonst möglich, daß noch im Jahre 1835 in einer Gegend, die unter der Inspection eines Sachverständigen stehet, eine solche Deichabstürzung, wie am Eider bei Oestermoor in Norder-Dithmarschen am 20ten März sich ereignete, vorkommen konnte? Es ist dies um so auffallender, daß man an einer Stelle, wo schon über 30 Jahre das Auge des Hydrotekten gewaltet hat, woselbst zwar eine beträchtliche Stromkrümme vorhanden ist, aber weder der Fluthstrom noch Sturm und Wellenschlag bedeutende Hindernisse veranlassen, wo man nur mit dem Ebbestrom in der halben Tageszeit — also bei weitem nicht so viel als in oberen Strömen — und höchstens nur mit größerer Wassermenge und Stromgeschwindigkeit es zu thun hatte, diesem Unfalle nicht vorbeugte. Oder hatte man auch hier die oft wiederholten Pegelungen, ohne einen festen Punkt a quo anzunehmen, gemacht?

Druckfehler.

S. 2. Z. 20. st. 750 l. 75,0.

= 7. = 19. st. vermeiden l. vermindern.

= 12. = 1. st. $\sqrt{62\frac{1}{2}'} \times 3'$ l. $\sqrt{62\frac{1}{2}} \times 3''$.

= 12. = 9. st. CE. l. IE.

= 12. = 12. st. BC. l. BE.

= 16. = 13. 14. st. $= SD^2 + RD^2\ RS^2$ l. $SD^2 + RD^2 = RS^2$.

= 19. = 9. st. weche l. welche.

= 21. = 2. st. excide l. excede.

= 23. = 14. st. Ahnung l. Ahndung.

= 24. = 10. st. c = 2,15,625 l. C = 2. 15,625.

= 26. = 23. st. $(4 - \frac{1}{3}. 4) = \frac{2}{3}$ l. $(4 - \frac{1}{3} 4) = \frac{2}{3}. 4$.

= 31. = 6. st. Wassees l. Wassers.

= 34. = 22. st. nach, §. l. §. 30. Anm. (14.)

= 36. = 21. st. $\frac{2}{3}$ ED, AE. l. $\frac{2}{3}$ ED. AE.

= 36. = 24. st. $\frac{2}{3}$ Ae′ éd′ l. $\frac{2}{3}$ Ae. ef.

= 36. = 26. st. Ae′. ed l. Ae′. éf′.

= 37. = 19. st. $\frac{1}{2} AE^2 - \frac{1}{6} eE^2)$ l. $(\frac{1}{2} AE^2 - \frac{1}{2} eE^2)$

= 39. = 21. st. Widerastnd l. Widerstand.

= 40. = 26. st. nach, Wassertheile l. nicht.

= 40. = 31. st. G. l. F.

= 41. = 5. st. nachblickt l. nachbleibt.

= 44. = 3. st. C — v, (fG) l. C — v. (fG)

= 48. = 24. st. $\frac{2}{2}$ M′ l. $\frac{1}{2}$ M.

= 49. vorletzte Zeile st. oder l. der.

= 54. Z. 22. st. $\frac{2}{5}$ C. l. $\frac{2}{3}$ C.

= 55. Z. 22. st. Terronet l. Perronet.

= 61. vorletzte Zeile. st. 11 : 5 l. 22 : 5.

= 66. Z. 26. st. vernichtete l. vernichtet.

S. 70. letzte Zeile. st. ABDF l. NBDF.
= 71. Z. 1. st. nach HG l. ;
= 77. = 19. st. Einbaue l. Einbauen.
= 78. = 30. st. ei. Ae l. si und Ai.
= 83. = 5. st. von l. vor.
= 87. = 10. st. √√√ l. γγγ.
= 88. = 14. st. subjectivnegative l. subjective, negative.
= 90. = 15. st. weniger l. mehr.
= 90. = 20. st. Schlange l. Schenge.
= 90. = 29. st. 45□ l. 45°.
= 90. = 30. st. 450 l. 45°.
= 94. = 21. st. Paravoca l. Pararoca.
= 97. = 23. st. Zweck l. Zweck, ist:
= 97. = 26. st. nach *) ist l. *) es ist.
= 98. = 20. st. Ebbe l. Elbe.
= 99. = 28. st. Ebbe l. Elbe.
= 106. = 5. st. Friedrichs = Geber l. Friedrichs = Gaber.
= 111. = 22. st. nt l. n A.
= 111. = 23. st. H mit gB l. hB mit 1 A.
= 113. = 8. st. Buhren l. Buhnen.
= 124. = 2. st. tkB l. ekB.
= 124. = 4. st. t l. e.
= 124. = 6. st. tkB l. ekB.
= 124. = 9. st. t l. e.
= 127. = 21. st. Tauen l. Taue.
= 139. = 24. und also, ist wegzustreichen.
= 144. = 27. st. Grundlage l. Grundlagen.
= 148. = 15. st. Ghf l. Ghf;
= 150. = 6. st. Damlege l. Donlege.
= 210. = 3, und 23. st. Fig. 2. l. Fig. 22.
= 211. = 3. st. ab l. cd.

Tab. I.

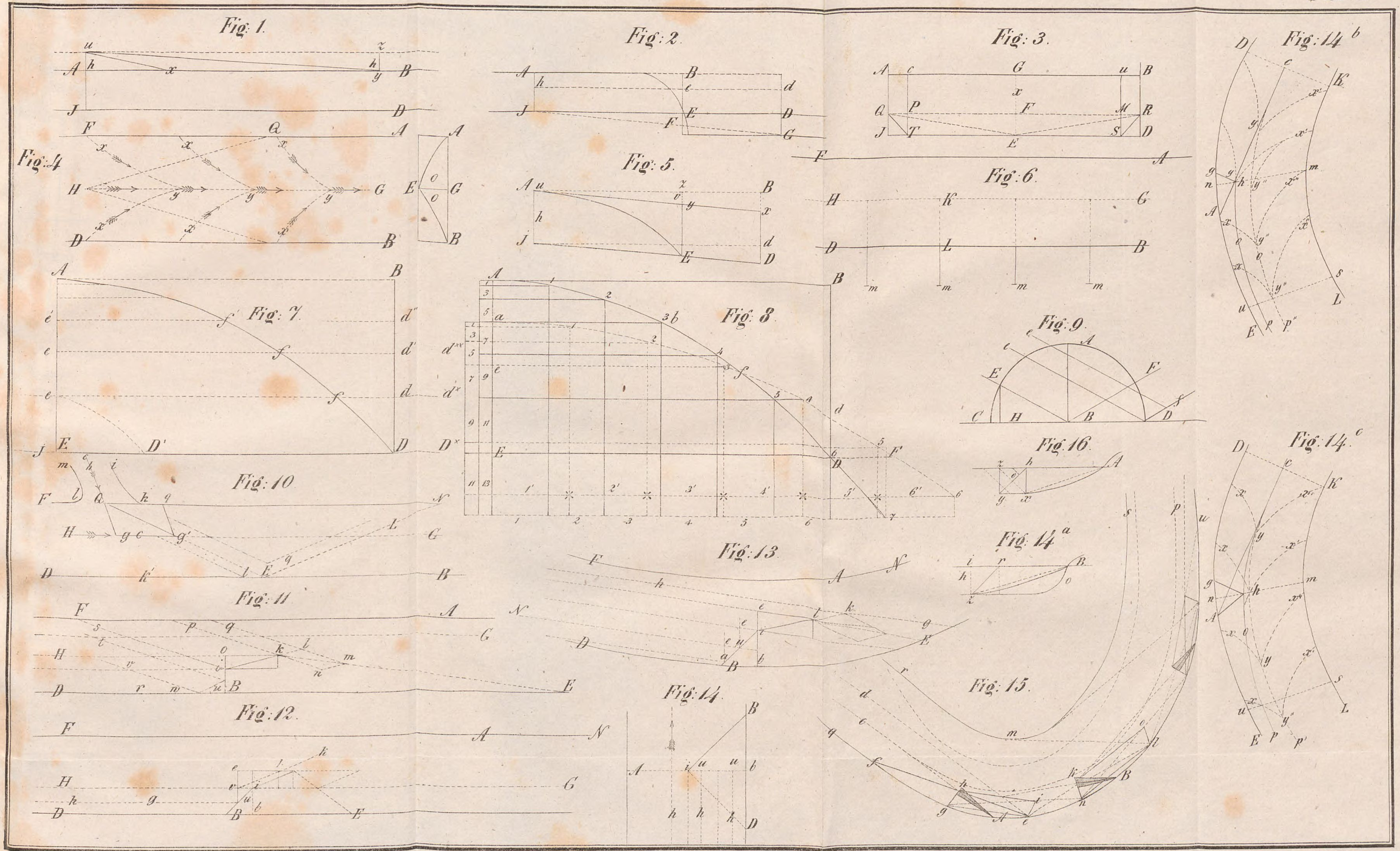
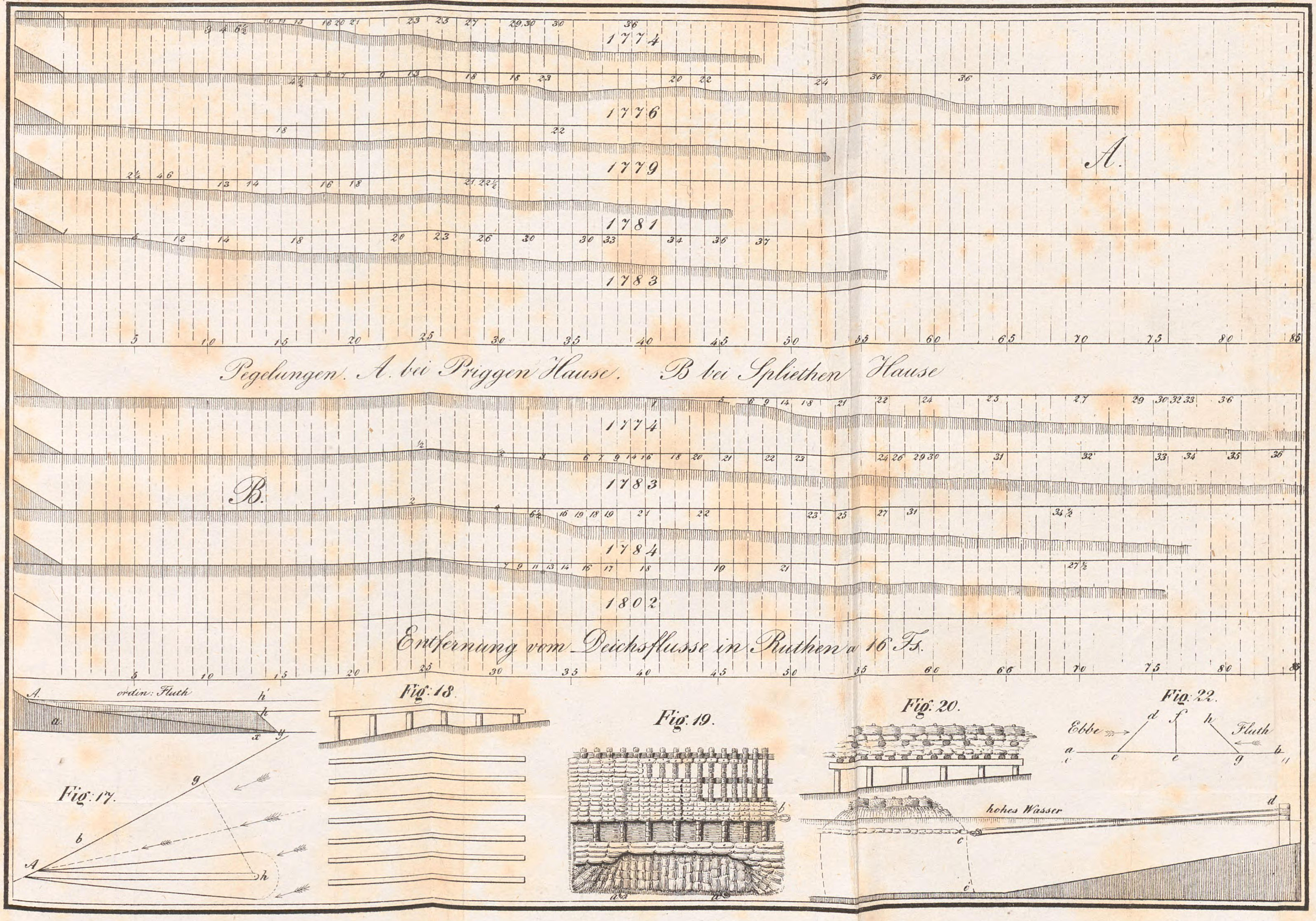


Fig: 1.
Fig: 2.
Fig: 3.
Fig: 4
Fig: 5.
Fig: 6.
Fig: 7.
Fig: 8.
Fig: 9.
Fig: 10.
Fig: 11.
Fig: 12.
Fig: 13.
Fig: 14.
Fig: 14 a
Fig: 14 b
Fig: 14 c
Fig: 15.
Fig. 16.

S.
"
"
"
"
"
"
"
"
"
"
"
"
"
"
"
"
"
"
"
"
"
"
"
"
"
"
"

Tab. II.


1774
1776
1779
1781
1783
A.
Pegelungen. A. bei Priggen Hause. B bei Spliethen Hause
1774
1783
B.
1784
1802
Entfernung vom Deichsflusse in Ruthen à 16 Fs.
ordin: Fluth
Fig: 17.
Fig: 18.
Fig: 19.
Fig: 20.
hohes Wasser
Fig: 22.
Ebbe
Fluth

Situation der Süder Ditmarschen Elb Deiche
Watt
Kronprinzen Koog
Fahrstedter Deich
Dieckhusen
Wister Menghusen
Schmedeswurth
Westerdeich
alte Schleuse
Süder Ditmarschen
Ohlen
Belmhusen
Westerbüttel
Kuden See
Moor
Wilster
Marsch
Neufeld
Kattrepel
Norddorf
Westerbelmhusen
Belmermor
Lehe
Hühner Moor
Isenburg
Nordhausen
Dieckhorn
Mühlenstrasse
Drenhusen
Hohe Moor
Neufelder Hafen
Triangel
Greden
Walle
Brunsbüttel
kleine Moor
Ostermoor
Sostmenhusen
Ao 1762 eingedeichter Koog
das alte Haft
Schlenge Haft
oberes Haft
Bütel
St Margarethen
Barsch Hafen
Höfter
Sandbank unter Wasser
Weisse Tonne
Schwarze Tonne
Fahrwasser
ELBE
Sandbank
Watt
Sandrücken bei hohler Ebbe trocken
Die Oste
Watt
Sagelshörn
Balje
Otterndorf
Belum
Herzogthum Bremen
Freiburg
Fig. 2
50 100 150 200 Ruthen
Neuer Koog Ao 1762 eingedeicht
P. Spliethen Haus
Soestmenhusen
Priggen Haus
das alte Haft
7te Schlenge
6te Schlenge
5 Schlenge
4te Schlenge
3te Schlenge
2te Schlenge
Ebbe
Fluth
ELBE

BSB Bayerische StaatsBibliothek
MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Meißner, Wilhelm,

Neue Theorie des Ufer- und Strombaues erläutert durch die Geschichte der Wasserbauten an dem Süder-Dithmarsischen Elbufer

Hamburg 1837

A.hydr. 59 d
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10059922-0